



Número: 418/2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

MELINA MARA DE SOUZA

**PALINOLOGIA EM SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS, LOCALIZADOS NA
ESTAÇÃO DO INSTITUTO FLORESTAL DE JATAÍ, SP.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geociências.

Orientador: Profa. Dra. Frésia S. T. Ricardi-Branco

Co-orientador: Prof. Dr. André Jasper

CAMPINAS - SÃO PAULO

Abril, 2010

© by Melina Mara de Souza, 2010

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

Souza, Melina Mara de Souza.

So89p Palinologia em sedimentos quaternários, localizados na Estação Ecológica de Jataí, SP. / Melina Mara de Souza--Campinas,SP.: [s.n.], 2010.

Orientador: Frésia S. T. Ricardi-Branco, André Jasper

Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Cerrados. 2. Palinologia. 3. Paleontologia -Quaternário.

I. Ricardi-Branco, Frésia. II. Jasper, André. III. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. IV. Título.

Título em inglês. Palynology of quaternary sediments, located on the Ecological Station of Jataí, SP.

Keywords: -Cerrado;

-Palynology;

-Paleontology – Quaternary.

Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências.

Banca examinadora: -Frésia S. T. Ricardi-Branco;

-Giorgio Basilici;

-Luiz Carlos Ruiz Pessenda.

Data da defesa: 24/05/2010

Programa de Pós-graduação em Geociências



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

AUTORA: Melina Mara de Souza

“Palinologia em Sedimentos Quaternários, Localizados na Estação do Instituto
Florestal de Jataí, SP.”

ORIENTADORA: Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco

Co-orientador: Prof. Dr. André Jasper

Aprovada em: 24 / 05 / 2010

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco _____ - Presidente

Prof. Dr. Giorgio Basilici _____

Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda _____

Campinas, 24 de maio de 2010.

*A minha mãe
Eliana e minha vó Lourdes,
Por terem sido minha inspiração e minha luz.*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me colocado a frente de todas as possibilidades e oportunidades da vida, me iluminando sempre em todas as escolhas.

A minha querida mãe Eliana, minha protetora, amiga, companheira, minha inspiração em todos os momentos da minha vida, agradeço a Deus por ter tido a possibilidade de viver essa vida ao lado dela.

A meus irmãos, Andrei, Sabrina, Jaqueline e Caroline, pela compreensão e amor que vai além de outras vidas, aos meus cunhados Silvio, Francine e João, e é claro, aos meus sobrinhos que eu tanto amo Nathany, Guilherme, Gustavo, Otávio e Murilo, por fazerem da minha vida mais feliz e mais fácil.

Agradeço a minha querida tia Nenê, por ter estado do meu lado em todos os momentos, pelo incentivo, amizade, carinho, e conhecimento de vida transmitido. A todos meus primos, tios, e minha família em geral.

Aos meus avós, em especial a minha vó Lourdes, que sem dúvida, foi uma das pessoas mais especiais que já conheci em minha vida.

Ao meu pai Joaquim, mesmo não estando sempre presente, mas que de certa forma foi importante na minha caminhada.

A todos os meus amigos, faltariam páginas para nomeá-los aqui, mas a todos que fizeram parte da minha vida, dividiram, somaram e compartilharam a dor e a delícia de viver.

Aos meus companheiros de morada, que compartilharam comigo momentos inesquecíveis, engraçados e também bizarros.

Aos meus amigos de laboratório, Jean, Bel, Marcinha, Patrick, e em especial Rafaél, que se tornou mais que um amigo, pela compreensão, paciência, risadas e ter se tornado necessário em minha vida.

A Profa. Dra. Frésia, minha querida orientadora, pela oportunidade, aprendizado e conhecimentos transmitidos, por ter se tornado tão importante neste caminho acadêmico, pela orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. André Jasper, da UNIVATES-RS, pela orientação, ajuda e amizade.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda, do CENA-USP, e seu grupo de pesquisa, pela ajuda e amizade nestes dois anos de trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Ladeira, do Instituto de Geociências da UNICAMP-SP, pela compreensão, discussões valiosas, auxílio e apoio e, ao aluno André Celarino, pela ajuda e colaboração.

A Profa. Dra. Margarita Ricardi Torres, Botanic Garden Center, ULA, Mérida,

Venezuela, pela valiosa discussão e ajuda na identificação dos fragmentos de carvão e pela amizade.

A Profa. Dra. Maira Barberi da Universidade Católica de Goiás-GO, pela valiosa ajuda e discussão acerca das assembléias palinológicas e pela amizade.

Ao Instituto de Geociências da Unicamp, a todos os colegas, professores e funcionários, em especial a Valdirene, pela amizade e paciência.

Ao CNPQ, pela bolsa de estudo concedida.

Ao IF por nos permitir a coleta das amostras e a confecção da trincheira.

A FAEPEX pelo apoio financeiro.

Aos meus professores de graduação, Giesele Camargo e Maurício Camargo, por acreditarem em mim, pela oportunidade, trabalho e principalmente pela amizade.

Ao Herbário do Instituto de Biologia (UEC) da Unicamp por ter cedido flores de espécies do Cerrado para confecção de uma palinoteca de referência.

A todos aqueles que tornaram esse trabalho possível, e de alguma forma fizeram parte desta jornada.

Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos.

Albert Einstein

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Introdução | 01 |
| Objetivos | 02 |
| Capítulo I – Revisão Bibliográfica | |
| 1.1. O bioma Cerrado | 03 |
| 1.1.2 História Evolutiva do Cerrado | 05 |
| 1.1.3. Fogo no Cerrado | 08 |
| 1.1.4. A ocupação do Cerrado no Estado de São Paulo | 09 |
| 1.2. Fundamentos Palinológicos | 10 |
| 1.3. Estudos Palinológicos do Quaternário | 10 |
| 1.4. Antracologia | 13 |
| 1.5. Isótopos do Carbono na Natureza: ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C | 13 |
| Capítulo II – Área de Estudo | |
| 2.1. Localização da área | 17 |
| 2.2. Geologia | 18 |
| 2.3. Clima | 20 |
| 2.4. Vegetação na EEJ | 20 |
| Capítulo III – Material e Métodos | |
| 3.1. Abertura da trincheira de amostragem | 21 |
| 3.2. Tratamento químico das amostras para Palinologia | 21 |
| 3.2.1. Montagem das lâminas | 24 |
| 3.2.2. Identificação e contagem dos grãos | 24 |
| 3.2.3. Construção do diagramas polínico | 25 |
| 3.3. Técnicas e Identificação dos fragmentos de carvão | 27 |
| 3.4. Técnicas Isotópicas | 27 |
| 3.4.1 Análise de $\delta^{13}\text{C}$: Spectrometia de Massas | 27 |
| 3.4.2. Datação pelo método de ^{14}C : AMS (Accelerator Mass Spectrometry) | 28 |

Capítulo IV – Resultados

| | | |
|--------|---|----|
| 4.1. | Análise da trincheira | 31 |
| 4.1.1. | Descrição da trincheira | 31 |
| 4.1.2. | Datações | 33 |
| 4.1.3. | Fragmentos de Carvão | 34 |
| 4.2. | Análise Isotópica: $\delta^{13}\text{C}$, Carbono (%) total e ^{14}C | 35 |
| 4.3. | Descrição dos diagramas | 36 |
| 4.4. | Os registros do Cerrado no Holoceno do Brasil | 40 |
| 4.4.1. | Com relação a outros indicadores paleoambientais do Cerrado | 40 |
| 4.4.2. | Evolução paleoclimática/ambiental da área de estudo | 41 |
| 4.4.3. | Comparação da Evolução Paleoambiental no Município de Luiz Antonio com outras regiões do Brasil. | 42 |

Capítulo V – Conclusões Gerais

| | |
|--|----|
| Referências Bibliográficas | 47 |
| Anexo I – Descrição dos grãos de pólen, esporos e fragmentos de carvão | 55 |
| Anexo II – Dados de contagem | 72 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa dos Biomas Brasileiros de Acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2004 | 04 |
| Figura 2: Distribuição da vegetação no estado de São Paulo adaptado de Siqueira e Durigan, 2007. | 09 |
| Figura 3: Mapa de localização da área de estudo. | 17 |
| Figura 4: Geologia da área de estudo. | 19 |
| Figura 5: Esquema de montagem das lâminas. | 24 |
| Figura 6: Evolução do meandro abandonado durante o Holoceno | 32 |
| Figura 7: Diagrama polínico de porcentagem dos palinomorfos fragmentos de carvão, e análises isotópicas | 39 |
| Figura 8: Evolução da vegetação da Estação Ecológica de Jataí nos últimos 10.251 A.P. | 43 |

Índice de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Evolução Vegetação Cerrado nos últimos 32.000 A.P. | 07 |
| Tabela 2: Contagem dos microlitros e gotas de glicerina utilizadas nas amostras. | 23 |
| Tabela 3: Idades ^{14}C obtidas para as amostras da trincheira e $\delta^{13}\text{C}$. | 33 |
| Tabela 4: Taxa de sedimentação da trincheira de acordo com os intervalos de tempo em mil anos A.P. | 34 |
| Tabela 5: Análises de $\delta^{13}\text{C}$ e C das amostras | 35 |
| Tabela 6: Qualificação e quantificação dos tipos polínicos da trincheira estudada | 73 |
| Tabela 7: Lista vegetação: palinoteca da EEJ | 78 |



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geociências

Palinologia em Sedimentos Quaternários, Localizados na Estação Ecológica de Jataí, SP.

RESUMO

Dissertação Mestrado

Melina Mara de Souza

O estudo de uma trincheira coletada em um meandro abandonado, as margens do Rio Mogi-Guaçu, em uma área coberta por Cerrado, na Estação do Instituto Florestal de Jataí, Município de Luís Antônio (SP), permitiu realizar estudos pertinentes a evolução paleoambiental e, possíveis inferências paleoclimáticas, ao longo dos últimos 10.251 anos A.P. As interpretações paleoecológicas foram baseadas nas análises dos fragmentos de carvão, assembléias de palinomorfs, e análises isotópicas. A partir das análises isotópicas foi possível estabelecer a cronologia dos eventos ocorridos no local, por meio de análises de ^{14}C , e a distinção dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$, que possibilitou a interpretação e diferenciação das variações da vegetação de plantas C_3 (árvore) e C_4 (gramínea). A análise palinológica, foi baseada em diagrama de perfil de porcentagem e concentração dos palinomorfs preservados no depósito estudado, o que permitiu estabelecer, através de dados estatísticos a determinação e distribuição da vegetação durante o Holoceno na área de estudo. Para análise dos fragmentos de carvão, foi feita a identificação e separação dos fragmentos encontrados em cada nível, em estereomicroscópio e fotografados no MEV, estabelecendo inferências e informações importantes tanto no domínio das variações paleoambientais, como paleoclimáticas e paleoincêndios. Os resultados das análises palinológicas, isotópicas e fragmentos de *charcoals* apontaram para um clima mais seco que o atual entre 10.251 e 10.186 anos A.P. com altas taxas de fragmentos de carvão, indicando períodos de ocorrência de paleoincêndios e de abertura florestal, onde valores de $\delta^{13}\text{C}$ em torno de -14,26‰, mostram a presença de plantas C_4 (gramíneas), uma vegetação mais aberta que a atual. Entre 10.186 e 2.096 anos A.P. onde ocorreu um empobrecimento isotópico e uma mistura de plantas C_3 e C_4 , com o aumento da frequência de grãos de pólen indicadores de Cerrado como *Byrsonima* e *Dydimopanax*, podemos inferir que nesta fase o clima esteve mais úmido, e a vegetação mais fechada. Após 2.096 anos A.P. até os dias atuais as condições paleoclimáticas seriam as mesmas, caracterizada como cerradão, que possui formações florestais com espécies de Cerrado sentido restrito, sem nenhum registro de fragmentos de carvão e o aparecimento de grãos de pólen de Cerrado.

Palavras chave: Cerrado, Palinologia, Quaternário.



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geociências**

Palynology of Quaternary sediments, located on the Ecological Station of Jataí, SP.

ABSTRACT

Master's Dissertation

Melina Mara de Souza

The study collected a trench in an abandoned meander on the banks of Mogi-Guaçu River in an area covered by Cerrado at the Station of the Instituto Florestal de Jataí, in Municipality of Luis Antonio (SP). It was allowed to conduct relevant studies and palaeoenvironmental evolution, possible paleoclimatic inferences, over the past 10.251 years A.P. The paleoecological interpretations were based on analysis of charcoal fragments, palynomorph assemblages, and isotopic analysis. From the isotopic analysis it was possible to establish the chronology of events on site, by analysis of ^{14}C , and the distinction of the isotopic values of $\delta^{13}\text{C}$, which facilitated the interpretation and differentiation of changes in vegetation from C_3 plants (trees) and C_4 (grass). Pollen analysis were based on census profile of the percentage and concentration of the palynomorphs preserved in the deposit studied allowing to establish, through statistical data, the determination and distribution of vegetation during the Holocene in the study area. To analyze the charcoals, it was made the identification and the fragments found in each level were separated by a stereomicroscope and photographed in the MEV, establishing inferences and important information, both in the field of palaeoenvironmental variations, as paleoclimate and paleofires. The results of pollen analysis, isotopic and charcoals fragments pointed to a drier climate than nowadays, from 10.251 to 10.186 years A.P. with high rates of charcoals fragments, indicating periods of paleofires occurrence and open forest where values around $\delta^{13}\text{C} -14,26 \text{ ‰}$, indicated the presence of C_4 plants (grasses), more open vegetation than at present. From 10.186 to 2.096 years A.P. occurred an isotopic depletion and a mixture of C_3 and C_4 plants, increasing pollen frequency indicators of Cerrado and *Byrsonima Dydimopanax*. At this stage the climate was wetter and the vegetation closer. After 2.096 years A.P. until nowadays, the paleoclimatic conditions have been the same, characterized as Cerrado, which has forest with species of Cerrado sensu stricto with no record of *charcoals* and the appearance of pollen of Cerrado.

Keywords: Cerrado, Palynology, Quaternary

INTRODUÇÃO

Os estudos paleoambientais têm se tornado cada vez mais importantes no que diz respeito às reconstruções climáticas e consequentes alterações da paisagem no transcurso do Fanerozóico.

O clima constitui um fator decisivo na evolução e na distribuição dos seres vivos na Terra, e na intensidade dos processos erosivos e intempéricos. Embora as modificações paleoclimáticas possam ser estabelecidas a partir de estudos paleoecológicos, o reconhecimento das suas causas é bastante complexo (Barberi, 2001). Como sabemos, o clima é muito dinâmico. Assim, para se poder realizar inferências acerca de sua evolução, é necessário o estudo dos seus principais componentes por longos períodos de tempo, que são somente acessíveis por meio de estudos do registro fóssil ou *proxy data*.

Muitas das paisagens dos continentes atuais são de origem geológica relativamente recente e os processos que as modificaram continuam atuando. Estes processos estão relacionados principalmente com o clima que, durante o Quaternário (Pleistoceno e Holoceno), experimentou grandes mudanças (Salgado-Labouriau, 2007). O conhecimento mais profundo da vegetação do passado, bem como das suas sucessões e mudanças ocasionadas por modificações no meio físico, é importante para a compreensão dos mecanismos responsáveis pela origem e manutenção da biodiversidade, questionando modelos mais acurados para serem utilizados na conservação e manejo equilibrado dos ecossistemas atuais (Salgado-Labouriau, 1984).

O principal objetivo desta pesquisa é investigar a evolução paleoambiental e dos fatores climáticos que influenciaram nas modificações registradas na vegetação de Cerrado no Município de Luis Antônio (SP) durante o Holoceno. Para isso foram utilizados indicadores paleoambientais como a palinologia, técnicas isotópicas e antracológicas.

O trabalho foi desenvolvido em um meandro abandonado do Rio Mogi-Guaçu dentro da Estação Ecológica de Jataí (EEJ). Celarino (2008) levantou a hipótese de que este meandro constituiu o antigo leito do Rio Mogi-Guaçu e hoje representa um paleoterraço fluvial. Os canais meândricos são encontrados em áreas com baixa declividade, úmidas e cobertas por vegetação ciliar, nas quais os rios descrevem curvas sinuosas, realizando um trabalho contínuo de escavação na margem côncava e

deposição na margem convexa. Este processo traz como consequência à migração lateral do canal, produzindo o estrangulamento da curva e formando meandros abandonados. Quando isolados, os meandros não possuem mais ligação direta com o canal e evoluem até formar lagoas e/ou pântanos.

OBJETIVOS

Tendo como meta primária a reconstrução paleoambiental no Município de Luis Antonio (SP) a partir dos registros da composição da vegetação durante o Holoceno definiram-se como objetivos secundários da pesquisa:

- Caracterização do conteúdo palinológico de 31 amostras coletadas em níveis diferentes de uma trincheira aberta no meandro abandonado em estudo, e da chuva polínica atual;
- Identificação e estudo de fragmentos de carvão nos diversos níveis;
- Aplicação de técnica isotópicas (^{14}C , ^{13}C e ^{12}C) a fim de se obter a cronologia dos eventos e investigar o tipo de vegetação em relação ao seu sistema fotossintético das plantas C_3 e C_4 ;
- Interpretação e comparação dos resultados obtidos com os já existentes para o Cerrado brasileiro.

CAPÍTULO I

Revisão Bibliográfica

1.1. O bioma Cerrado

O Cerrado é uma região de interflúvio, tipicamente desenvolvido sobre latossolos, com alta, média ou baixa proporção de argila (Eiten, 1994). Um número expressivo de outras classes de solos faz com que se estabeleça grande variedade de espécies vegetais, seja do estrato graminoso, arbustivo ou arbóreo, ainda que, a típica e dominante vegetação do Cerrado esteja geralmente sobre os latossolos (Reatto *et al.*, 1998).

As regiões do Cerrado na América do Sul não são contínuas. Sua área *core* se concentra no Brasil Central, mas áreas esparsas são encontradas mais ao sul, no estado de São Paulo, ou mais ao norte, nos Lhanos da Colômbia, na Venezuela e na região da Guiana (Salgado-Labouriau, 1997). O Cerrado é o 2º maior bioma do Brasil (cerca de 21% do território brasileiro), ocupando cerca de 1,8 milhões de Km² cortando o país no sentido nordeste-sudoeste (Fig. 1).

Este bioma é bastante peculiar por sua constituição de formações vegetais que variam desde campos abertos até densas florestas que podem atingir até 30 m de altura (Aguiar *et al.*, 2004). Destaca-se como unidade fitofisionômica pela sua grande expressividade quanto ao percentual de áreas ocupadas no Brasil. Dentre os ecossistemas que compõe o Cerrado temos: cerradão, campo limpo, campo sujo, cerrado (*strictu sensu*) entremeados por formações de florestas, várzeas, campos rupestres e outros. A partir de estudos feitos por Martins (*apud* Ratter, 1991), estima-se que os Cerrados tenham uma flora com cerca de 10.000 espécies, das quais 3.000 são endêmicas do Planalto Central Brasileiro, apesar do contato com outros biomas vizinhos (Richardson, 1978). Algumas das espécies típicas da flora do Cerrado são *Byrsonima verbascifolia* Rich. ex Juss., *Curatella americana* Linn., *Quálea grandiflora* Mart., *Caryocar brasiliense* Camb. e *Mauritia flexuosa* Linn.

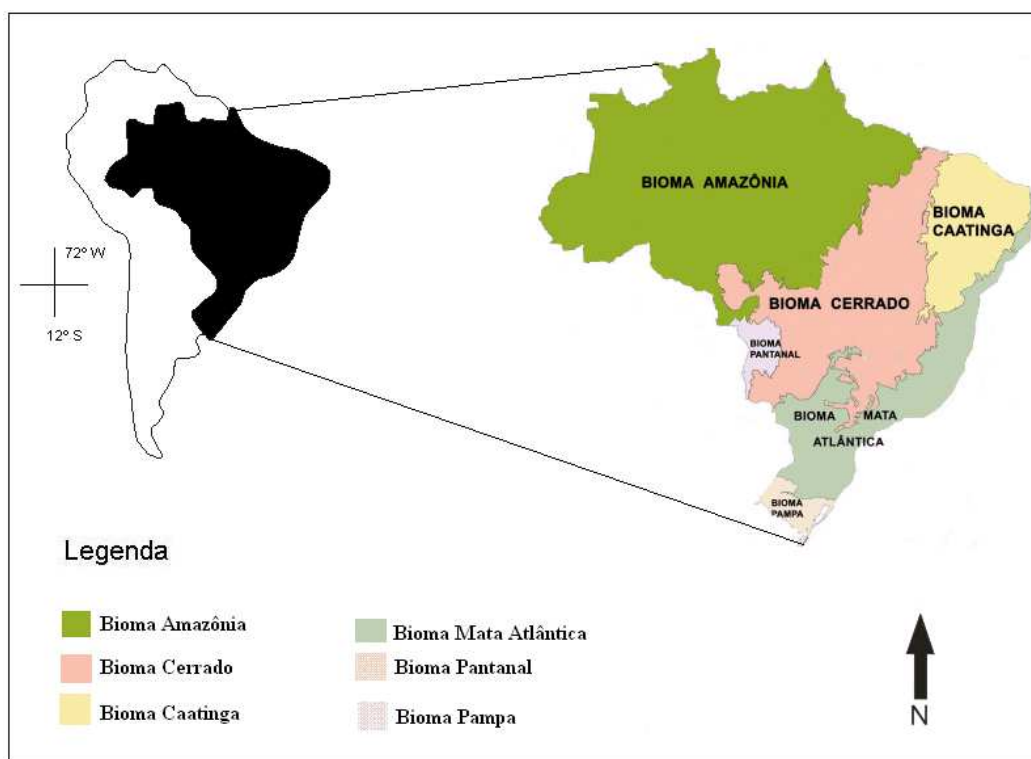


Figura 1: Mapa dos Biomas Brasileiros de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2004.

O Cerrado limita-se com quase todos os biomas com exceção dos Pampas e dos ecossistemas costeiro e marinho do bioma Mata Atlântica. Existem encraves de Cerrado na Amazônia, na Caatinga e na Mata Atlântica (Águiar *et al.*, 2004). As regiões com ocorrência do Cerrado têm como principal característica a presença de um clima com duas estações bem definidas, em que a estação seca tem duração de quatro a seis meses e precipitação média anual entre 1.300 e 1.800 mm (Adámoli *et al.*, 1987; Dias, 1992).

1.1.2. História Evolutiva do Cerrado

O clima na América do Sul e nas regiões do Cerrado desde o Pleistoceno até o presente nunca foi constante. Fases mais secas e úmidas foram se alternando durante todo o Quaternário. Os registros mais antigos conhecidos do Bioma Cerrado na região Central do Brasil datam de cerca de 32.000 anos A.P. Nesses, a alta frequência de grãos pólenes de árvores como *Mauritia* e *Byrsonima* e de fragmentos de carvão confirmam a ocorrência de incêndios na região desde aquela época (Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini, 1994; Barberi *et al.*, 2000; Ferraz Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru, 2002).

Outros estudos palinológicos realizados na região central (DF), em Águas Emendadas (Barberi *et al.*, 1995), Cromínia (Salgado-Labouriau *et al.*, 1997), Lagoa dos Olhos (De Oliveira, 1992) e Lagoa do Caçó (Ledru, 2001), também confirmam que os elementos mais antigos do Cerrado datam de 32.000 anos AP. (Ledru, 2002). Nestes estudos também é relatada a presença de abundantes fragmentos de carvão, o que revela que o fogo tem ocorrido no Cerrado sem a influência humana, e permite relacionar tais eventos com intervalos mais secos correlacionáveis a mudanças paleoclimáticas em nível mundial.

Ledru *et al.*, (1998), afirma que entre 25.000 e 18.000 anos A.P. os registros mostram um hiato de sedimentação, que indicaria condições erosivas dos depósitos sem preservação de material orgânico. Entre 17.000 a 11.000 anos A.P. (De Oliveira, 1992), a presença de *Podocarpus* na Lagoa dos Olhos d' Água (MG), indica condições climáticas mais úmidas e mais frias que atualmente. No fim da última glaciação, em 18.000 A.P., o Cerrado do Maranhão registra espécies de vegetação estéptica e subarbustiva com predominância de herbáceas, características de regiões mais áridas (De Oliveira *et al.*, 2005). Entre 15.000 e 11.000 anos A.P., se manteve um clima mais úmido e frio, o que permitiu a expansão de *Podocarpus*.

Após esse intervalo, em 11.000 anos A.P, no início do Holoceno, a fase úmida foi substituída por uma fase mais seca, caracterizada por uma vegetação mais aberta. Há registros de queimadas entre 10.000 e 7.000 anos A.P. Na região sudeste, um aumento dos indicadores do bioma Cerrado foi encontrado próximo aos domínios da Mata Atlântica, no início do Holoceno, e estaria ligado a uma fase climática mais seca (Behling, 1995).

Entre 10.000 e 7.000 anos A.P., na região central do Brasil, há um hiato de sedimentação. Após este intervalo, aumentam os indicadores de Cerrado juntamente com a expansão de matas ciliares e veredas. Coaduando ao avanço da vegetação do Cerrado, na maioria dos registros palinológicos associados há um aumento da concentração de fragmentos de carvão, o que indica a ocorrência de paleoincêndios e um clima mais seco (Salgado-Labouriau *et al.*, 1997).

Próximo ao Rio São Francisco, no Vale do Rio Icatu (BA), os indicadores do Cerrado aparecem a partir de 9.000 anos A.P. O início do Holoceno caracteriza-se pelo aumento de pólenes de mata de altitude, caracterizando um clima mais frio que o atual. Neste momento o Cerrado começou a se expandir devido á seca progressiva (De Oliveira *et al.*, 1999a).

Behling (1995), afirma que entre 9.720 a 5.530 anos A.P. o clima foi mais seco no Brasil, principalmente na região Central. A partir de 5.530 anos A.P. a umidade começou a aumentar.

Tabela 1: Evolução da Vegetação Cerrado nos últimos 32.000 A.P.

| Anos A.P. | Localidade | Vegetação | Paleoclima | Autor (a) |
|------------------------------------|--|---|--------------------------------|---|
| 200 | Brasil Central | Semelhante ao atual encontrado, mais impacto humano | | Salgado Labouriau (1997) |
| 1250 – 4600 4600 - 5530 | Brasil Central | Biomias com vegetação arbórea densa | Quente e úmido | Salgado Labouriau (1997) |
| 6000 - 7000 | Brasil Central | Início da presença da vegetação em pantanos | Quente e umido a semi-umido | Salgado Labouriau (1997) |
| 5530 - 9720 | Brasil Central/Sudeste | Cerrado | Aumento da umidade desde então | Behling (1995) |
| 7000 – 10.000 | Brasil Central e Vale do Rio Icatu | | Fase mais seca | Salgado Labouriau (1997) |
| 10000 – 11000 | Brasil Central | Expansão do Cerrado | Fase seca | Ledru <i>et al</i> (2001) |
| 11000 – 15000 | Maranhão | Expansão Podocarpus | Fase fria e umida | Oliveira (2005) |
| 11000 - 17000 | Lagoa dos Olhos D'água | Podocarpus | Umida e fria | Oliveira (1992) |
| 11000 - 18000 | | Cerrado Aberto | Fase seca a quente | Oliveira et al (2005) |
| 18000 - 25000 | Lagoa dos Olhos D'água | Hiato de sedimentação | Fase úmida | Ledru et al (1998) |
| 32000 | Brasil Central, Crominia e Lagos dos Olhos Lagoa do Caçó | Cerrado | Seco | Salgado Labouriau & Ferraz Vicentini (1994) |

Entre 7.000 e 6.000 anos A.P., brejos e pântanos começaram a se formar no Brasil Central, o clima foi quente a semi-úmido com um período seco de três a cinco meses dependendo do lugar, fato que é comprovado pela presença do gênero *Mauritia* nas assembléias palinológicas (Salgado-Labouriau, 1997). Este aumento da umidade e das chuvas foi ainda observado em outras regiões do continente sul americano, como o Lago de Valência (Venezuela) que transbordou na sua borda ao norte.

De acordo com Salgado-Labouriau (1997) tais condições ambientais prevaleceram até aproximadamente 4.000-3.000 anos A.P. quando o pólen de plantas de

hábito arbóreo aumentou indicando uma vegetação mais densa e mais diversa crescendo nos Cerrados. Em aproximadamente 1.400-1.250 anos A.P. as condições climáticas modernas começaram. Os últimos 200 anos são marcados pelo impacto humano destruindo a vegetação natural da maioria dos lugares.

1.1.3. Fogo no Cerrado

Um dos fatores importantes na configuração e desenvolvimento deste bioma é o fogo. O fogo no Cerrado é uma questão que vem sendo discutida pelos pesquisadores e estudiosos da área atualmente (Pires *et al.*, 1997).

Pesquisas apontam o fogo como elemento de renovação da vegetação por rebrota e germinação das sementes devido à quebra de dormência, além de constituir papel fundamental na estruturação de algumas paisagens do Cerrado. A sua ocorrência provoca mudanças na cobertura vegetal alterando a hidrologia e afetando a dinâmica e os estoques de carbono no ecossistema. Embora muitos sejam os estudos, a periodicidade ideal de ocorrência de fogo no bioma ainda não é conhecida. Estudos indicam que as queimadas no Cerrado datam de 32.000 anos A.P., sendo que neste período, o fogo era provavelmente de origem natural. O fogo é um dos determinantes da vegetação do Cerrado, juntamente com a sazonalidade das chuvas e com o solo pobre em nutrientes (Coutinho, 1990).

Scheel-Ybert *et al.*, (2003), em estudos sobre a evolução paleoambiental no Estado de São Paulo (Botucatu, Jaguariuna, Pirassununga), com base nas análises antracológicas e isotópicas, revelam que incêndios ocorreram nestas áreas durante todo Holoceno, indicados por altas taxas de carvão nos perfis estudados. Isso apóia a teoria de um clima mais seco na região sudeste principalmente entre 10.000 a 7.000 anos A.P.

1.1.4. A ocupação do Cerrado no estado de São Paulo

Conforme Toledo Filho (1984), no Estado de São Paulo o Cerrado ocorre predominantemente na região centro-norte, interrompido por outras formações vegetais, como nas proximidades de Campinas, Ribeirão Preto, Franca e Altinópolis. Segundo Durigan *et al.*, (2003), os fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo podem ser divididos em dois grandes grupos fitogeográficos: fragmentos onde ocorrem formas campestres (cerrado *strictu sensu* e campo cerrado), geralmente localizados na porção leste do estado e fragmentos onde a vegetação tem fisionomia florestal (cerradão, ecótono cerradão, floresta estacional semidecídua ou mata ciliar), geralmente localizados na porção oeste do estado.

O mapa de distribuição da vegetação no Estado de São Paulo pode ser observado na Fig. 2:

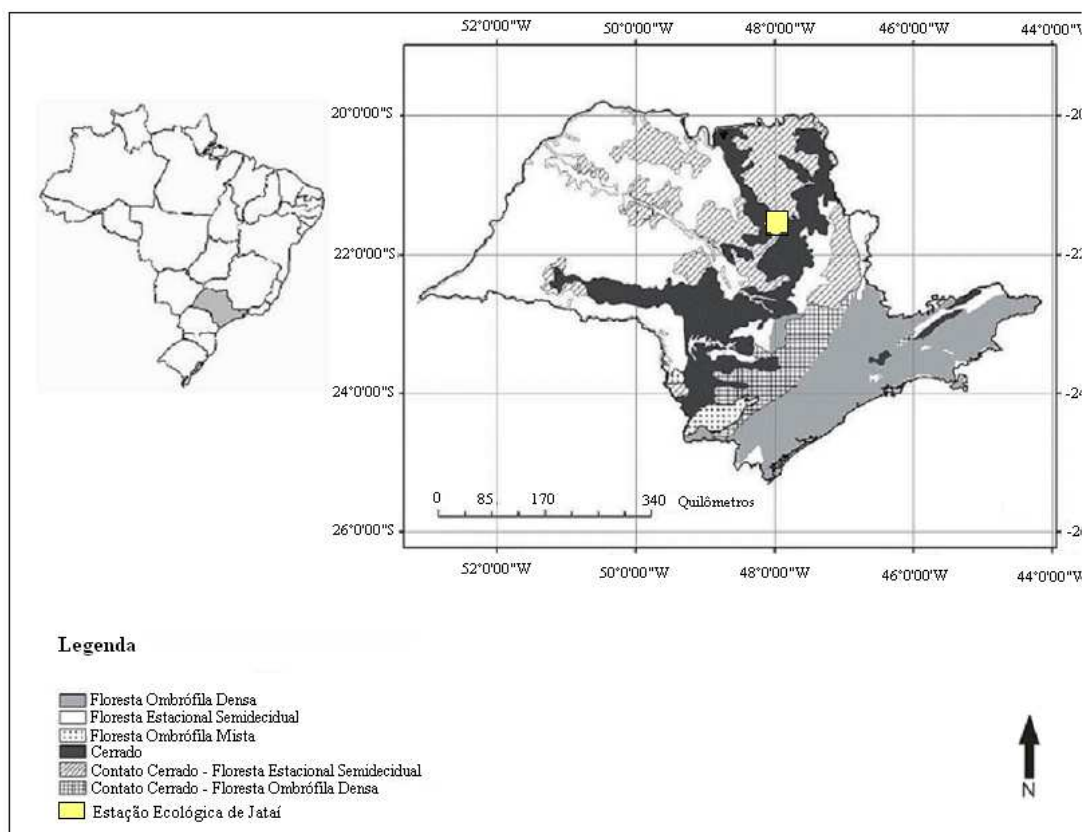


Figura 2: Distribuição da vegetação no estado de São Paulo adaptado de Siqueira e Durigan, 2007.

O Estudo realizado por Borgonovi & Chiarini (1965) revelou que a cobertura do

Cerrado no estado de São Paulo em 1962 compreendia 724.9000 hectares de cerradão, 2.668.000 hectares de cerrado *strictu sensu* e 458.6000 hectares de campo, representando, respectivamente 33% da cobertura no estado de Cerrado. Atualmente, destes 33% é preservado 15% de sua área original.

1.2. Fundamentos Palinológicos

A palinologia é a ciência que engloba o estudo de categorias de microorganismos de grãos de pólen e esporos, fitoclastos e matérias amorfas. E também, o estudo de todo o conteúdo de origem orgânica observável ao microscópio após tratamento químico. A este conteúdo dá-se o nome de palinomorfos. No caso dos esporos e pólen a cobertura externa dos mesmos ou exina é composta por uma substância chamada esporopolenina, que se destaca por ter boa resistência química, e uma série de características morfológicas como a forma, ornamentação, abertura e tamanho que permitem a identificação e caracterização dos mesmos (Salgado-Labouriau, 2007). De acordo com Salgado-Labouriau (2007), atualmente a análise palinológica tem várias aplicações em vários ramos da ciência como em criminologia, datação de sedimentos e bioestratigrafia, estudo do paleoclima, e outras não menos importantes.

No início, a palinologia se limitava ao estudo do envoltório externo (exina) dos grãos de pólen e dos esporos das pteridófitas. A exina é composta por uma substância chamada esporopolenina (Zetzsche, 1932, Brooks & Shaw, 1978), que tem grande resistência química, características essas que, aliadas ao fato de que o pólen e esporo são geralmente produzidos em abundância e tem uma dispersão eficiente.

Segundo Faegri & Iversen (1989) a análise palinológica nasceu em 1916 e no início, o uso da técnica era restrito ao estudo de depósitos sedimentares do Quaternário, objetivando a reconstituição de mudanças na vegetação durante o Quaternário tardio.

A palinologia se tornou uma ferramenta essencial em meio às reconstruções paleoambientais, junto de outras técnicas como o estudo dos fragmentos de carvões, estudos isotópicos e outros mais, que em conjunto possibilitam o conhecimento mais profundo das vegetações do passado e suas modificações.

1.3. Estudos Paleoambientais do Quaternário

O Quaternário é constituído por dois períodos com duração temporal desigual conhecido como Pleistoceno e Holoceno. O Pleistoceno é o mais antigo, com duração

de 1,6 a 2 milhões de anos, com 16 ciclos climáticos de fases mais frias e mais longas (Salgado-Labouriau, 2007). É caracterizado pela presença de mamíferos e pássaros gigantes e também por outras espécies de animais hoje presentes (Salgado-Labouriau, 2007). Esse último também conhecido como “Idade do Gelo”, pela forte influência sobre o meio ambiente das diversas glaciações que teriam ocorrido neste intervalo de tempo. Porém, o Pleistoceno não foi apenas uma época em que os climas e as temperaturas mudaram drasticamente, os fósseis pleistocênicos são muito abundantes, bem preservados e podem ser datados com muita precisão.

O Holoceno, período mais recente, que abrange os últimos 10 mil anos, que testemunhou toda a história da humanidade na Terra, começa no fim da última era glacial conhecida como Idade do Gelo. Desde então, houve pequenas mudanças do clima na Terra, contudo as temperaturas foram mornas a quentes.

Os biomas que existiram no Quaternário, deixaram frequentemente um registro pelo qual é possível reconstruí-los. Este registro está representado por fósseis (macro e microfósseis). Desses, os grãos de pólen e esporos (palinomorfos), representam as principais fontes de informação paleocológicas dos biomas continentais, e nos brindam informações acerca das mudanças climáticas acontecidas. A inclusão de informações conhecidas como *proxy data*, como aquelas aportadas pela palinologia nos permitem uma melhor interpretação da vegetação pretérita e do ambiente físico de uma determinada região, e por consequência do paleoclima existente durante um período de tempo anterior ao estabelecimento de medições mais acuradas dos parâmetros climáticos, como precipitação e temperatura, registrados hoje por meio de estações meteorológicas (Salgado-Labouriau, 2007).

Os palinomorfos, após serem depositados num ambiente sedimentar, são submetidos aos mesmos processos diagenéticos dos outros constituintes orgânicos e inorgânicos do depósito. Porém nem todos os sedimentos são apropriados para a reconstrução paleovegetacional e paleoclimática (Salgado-Labouriau, 2007).

Salgado-Labouriau (2007) afirma que, um dos grandes problemas da interpretação paleoclimática baseada em evidências geológicas e geomorfológicas, é que a erosão e meteorização posteriores podem destruir parcial ou totalmente as evidências. Porém, para o passado recente esses depósitos ainda não foram erodidos ou destruídos, permitindo uma boa reconstrução paleoambiental do Holoceno. Os estudos da última glaciação, que ocorreu, no intervalo entre 100.000 e 14.000 AP., e do

interglacial em que hoje vivemos (Holoceno), permitem uma reconstrução boa do relevo, do ambiente físico e sua paleoecologia, que serve de modelo para a interpretação dos ciclos glaciais mais antigos.

O estudo das variações vegetacionais e climáticas, que ocorreram no Quaternário tardio (Holoceno) no Brasil, tiveram grande auge nas últimas décadas do século XX até o presente. Contudo esses estudos (por ex. Salgado-Labouriau *et al.*, 1997, De Oliveira, 1992, Ledru, 2001 entre outros) concentram-se na região nuclear do Cerrado (planalto central brasileiro, nos Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, etc.), na região sul e na região Amazônica. Muitas áreas ainda não tiveram sua história ecológica levantada ou é pouco conhecida. O estudo da palinologia vem ganhando mais força, como por exemplo, nos ambientes costeiros. Sendo menos conhecida a sua evolução no Estado de São Paulo (Souza *et al.*, 2005).

Em Jaguariúna, Estado de São Paulo, a presença de vegetação C₄ indica provavelmente a ocorrência de um clima mais seco do que o atual no final do Pleistoceno, já em Botucatu (SP), os dados isotópicos indicaram presença de plantas C₃ em todo Holoceno (Gouveia *et al.*, 1999).

Em Salitre, Estado de Minas Gerais, a presença de carvões em todo perfil, indica que paleoincêndios ocorreram nesta área durante todo Holoceno, exibindo valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais empobrecidos, mostrando a predominância de vegetação C₃ e de condições mais úmidas na região Central do Brasil (Pessenda *et al.*, 1996).

No Amazonas, as datações por ^{14}C variaram entre 3.290 e 6.770 anos AP. No solo localizado sob vegetação de campo, nos solos sob vegetação de floresta as datações indicaram o período entre 3.290 anos AP \pm 70, na camada 40-50 cm a 6.560 anos AP \pm 100 na camada 100-110 cm. No solo localizado na depressão sob vegetação de campo o valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -22,0‰ para a camada superficial (0-10 cm) indicou uma mistura de plantas C₃ e C₄. Entre as camadas 10 e 100 cm observou-se um enriquecimento isotópico, onde os valores de $\delta^{13}\text{C}$ ficaram entre -20,3‰ e -19,6‰, indicando influência de plantas C₄ entre 6.770 anos A.P. até, pelo menos, 1.650 anos A.P. Pessenda *et al.* (2001) observaram que houve uma significativa mudança de vegetação nesta área durante o Holoceno, onde foram observados valores similares de $\delta^{13}\text{C}$, entre -14,0‰ e -19,0‰, no intervalo entre 30 a 130 cm, indicando uma possível regressão da floresta, no local com predomínio de plantas C₄. (Vidotto *et al.*, 2007).

1.4. Antracologia

Antracologia é o estudo e interpretação dos restos vegetais carbonizados provenientes de sítios arqueológicos ou de solos, estando relacionados ao testemunho de paleoincêndios, naturais ou de origem antrópica, ou a diversos aspectos da atividade humana (Scheel *et al.*, 1996). A identificação de espécies a partir de material carbonizado, em si, é bastante antiga (Prejawa, 1896; Breuil, 1903 – *apud.* Badal Garcia, 1992), mas o método de trabalho utilizado na época, a partir de lâminas finas, era lento e difícil, e as pesquisas não tinham ainda um caráter paleoambiental. Apenas mais recentemente a utilização da microscopia de luz refletida (Western, 1963, Vernet, 1973, Clark, 1982), permitiu a multiplicação das análises antracológicas, facilitando o estudo dos carvões e propiciando o surgimento de abordagens paleoecológicas.

A análise antracológica pode fornecer duas perspectivas importantes:

- *etnoarqueológica*: indica os usos que a população pré-histórica fazia da vegetação local, seja como combustível (calor, preparação de alimentos etc.), ou para a confecção de artefatos de madeira (habitação, utensílios, embarcações etc.).
- *paleoecológica*: indica o tipo de vegetação existente no passado.

A determinação taxonômica dos carvões fósseis é feita pela comparação de sua estrutura anatômica, que se conserva perfeitamente após carbonização, com aquela do lenho de espécies atuais conhecidas, seja diretamente a partir de amostras carbonizadas contidas numa coleção de referência, seja através de descrições e/ou fotografias de obras da literatura. Os estudos antracológicos fornecem (Metcalf & Chalk, 1950; Burger & Richter, 1991. etc.), informações importantes no domínio das variações paleoambientais e paleoclimáticas.

1.5. Isótopos do Carbono na Natureza: ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C

O carbono é um dos principais elementos da natureza, uma vez que a matéria orgânica viva é composta principalmente de carbono, os ciclos de outros elementos importantes como nitrogênio e oxigênio são influenciados pelo ciclo desse elemento, e as alterações antrópicas em muitas fases do seu ciclo biogeoquímico já estão influenciando o equilíbrio de muitos ecossistemas e da atmosfera global (Pessenda, 2005).

Contudo, podemos encontrar três isótopos do carbono na natureza, o ^{12}C (estável, com 98,99% de abundância média); ^{13}C (com 1,11%); ^{14}C (radioativo). Conforme Pessenda *et al.*, (2005), a idade ^{14}C é baseada, primariamente, assumindo a constância da concentração do ^{14}C (relacionado ao ^{12}C) no passado. Entretanto, observaram-se variações na razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ do dióxido de carbono na atmosfera devido a variações no campo magnético terrestre, e na atividade solar. Estas variações foram estudadas e estabelecidas, datando-se amostras de anéis de crescimento de árvores por dendrocronologia.

A determinação da idade através do isótopo radioativo ^{14}C fundamenta-se na compreensão de sua origem, ciclagem e decaimento. A produção de ^{14}C na alta atmosfera ocorre continuamente, através da interação de nêutrons (provenientes de colisões de raios cósmicos, principalmente partículas α , de alta velocidade, com átomos da atmosfera terrestre) com átomos de ^{14}N (Libby, 1955).

Quanto maior a atividade ou quantidade do ^{14}C remanecente em uma amostra, mais recente será sua datação e quanto menos for a atividade ou quantidade de ^{14}C , mais antiga a datação da amostra. A idade é desta forma determinada de acordo com a atividade residual de cada amostra.

A base da aplicação da composição isotópica de C em estudos biológicos é fundamentada na variação isotópica existente nos materiais naturais, ou seja, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ de um determinado material representam uma assinatura. Dentro de um ecossistema, onde a fonte de energia é representada pela troca de carbono, o valor de $\delta^{13}\text{C}$ de uma fonte é comparado com o valor de $\delta^{13}\text{C}$ do seu produto. Assim, quando existem somente duas fontes isotopicamente distintas, este refletirá a quantidade das duas fontes presentes no produto (Pessenda *et al.*, 2004).

A técnica utilizada para discriminação do sistema fotosintético das plantas C_3 e C_4 foi espectrometria de massas (“Mass Spectrometer” – MS ou “Isotope Ratio Mass Spectrometer” – IRMS).

O espectrômetro de massas (“mass spectrometer” – MS ou “isotope ratio mass spectrometer” – IRMS) é um instrumento que separa íons, positivos ou negativos, produzidos a partir de átomos ou moléculas, quer sejam das mais simples às mais complexas, de acordo com a razão massa/carga (m/q). Constitui-se, basicamente, das seguintes partes: unidade de admissão ou de entrada para amostras gasosas; fonte de

ionização; unidade aceleradora de íons, analisador magnético de íons, detector e software processador dos dados. No interior do aparelho deverá haver a manutenção de alto vácuo, da unidade até os coletores na entrada de (Pessenda *et al.*, 2005)

Outro aspecto a ser enfatizado é que resultados bastante confiáveis sobre as eventuais trocas de vegetação C₃ (árvore) e C₄ (gramínea) no passado, até aproximadamente 50.000 anos A.P. podem ser obtidos em transecções de centenas de quilômetros, permitindo-se assim o estudo e a interpretação da dinâmica passada e atual com significativo alcance em nível regional, em ecossistemas apresentando ecótonos dos mais variados tipos e dimensões (Pessenda *et al.*, 2004).

CAPÍTULO II

Área de estudo

2.1. Localização da área

A área de estudo está inserida dentro da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), que está localizada no nordeste do estado de São Paulo, coordenadas 20° 73' 49" S e 76° 08' 76" W, junto ao Município de Luis Antônio-SP (Fig. 3). A EEJ também é conhecida como fazenda Jataí e possui uma área de 4.532,18 há. Essa até o final da década de 50 pertenceu à extinta Companhia Moginiana de Estradas de Ferro e, foi posteriormente adquirida pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo, ficando conhecida como Estação Ecológica de Jataí.

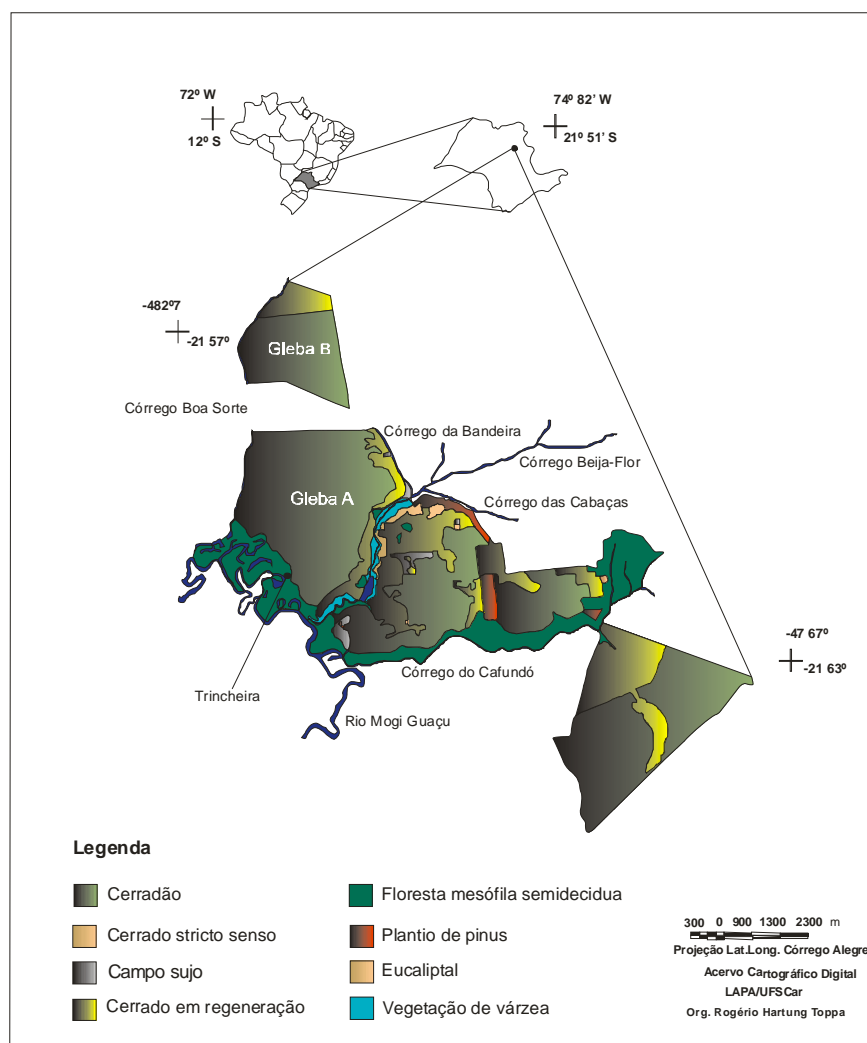


Figura 3: Mapa de localização da área de estudo.

O Rio Mogi-Guaçu percorre a EEJ por 9.300 metros. Em termos

geomorfológicos, seu canal nessa região pode ser classificado dentro do padrão de meandros tortuosos divagantes, com presença ocasional de ilhas e bancos apresentando-se em cordões marginais convexos (Kellerhals *et al.*, 1976) e, podem ser observadas 14 lagoas em diferentes estágios secessionais (Pires *et al.*, 1997). A formação de lagoas marginais em sistemas rio-planície de inundação ocorre quando as margens côncavas adjacentes de um meandro sofrem intensa ação erosiva, provocando um estrangulamento no colo deste pela deposição de diques marginais, fazendo com que o curso d' água seja desligado, originando-se um meandro abandonado, ou uma lagoa marginal (Cunha, 1995).

Por último a EEJ possui uma grande diversidade de habitats, distribuídos em ambientes aquáticos como rios, córregos, lagoas, passando por banhados e formações periodicamente alagáveis, até totalmente livres de inundações (Santos *et al.*, 1995). Esta diversidade de habitats está relacionada à variedade geomorfológica encontrada na planície de inundação do médio Rio Mogi-Guaçu (Pires, 1999).

2.2 Geologia

O contexto geológico da área estudada de acordo com Lorandi *et al.*, (1990) e Lorandi *et al.*, (1992), na Estação Ecológica Jataí podem ser encontradas as seguintes unidades litoestratigráficas (Fig. 4):

- A Formação Botucatu (Jurássico/Cretáceo) é constituída por um pacote de arenitos de granulação fina a muito fina, com estratificação cruzada de grande a médio porte, muito friáveis ou silicificados, apresentando na parte basal corpos de arenitos conglomeráticos e conglomerado. O pacote sedimentar dessa formação constitui uma unidade genética depositada em ambiente desértico. Sua posição estratigráfica situa-se entre as formações Pirambóia e Serra Geral.

- A Formação Serra Geral (Cretáceo) compreende uma sequência de rochas vulcânicas, predominantemente compostas por lavas basálticas, onde podem ser observadas intercalações de delgadas camadas de arenito da Formação Botucatu. Quanto à estratigrafia, a Formação Serra Geral está situada entre as formações Botucatu e o Grupo Bauru, podendo ocorrer seu contato superior com as rochas sedimentares da Formação Santa Rita do Passa Quatro de idade cenozóica.

- A Formação Santa Rita do Passa Quatro (Paleogeno) é caracterizada por arenitos maciços com presença de linhas de seixos ou cascalheira na base. Os arenitos

são compostos predominantemente por seixos de quartzo mal selecionados e fragmentos de limonita. A sua posição estratigráfica encontra-se sobre as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, podendo estar recoberta por sedimentos holocênicos.

- Os aluviões em várzeas atuais (Quaternário), que caracteriza a área de estudo, “são planícies aluvionares que ocorrem ao longo do rio Mogi-Guaçu, a montante das soleiras formadas pelos derrames basálticos, ou nos contatos entre as formações acima descritas. Estão associados às últimas fases de clima úmido e são constituídas de areias e cascalhos”.

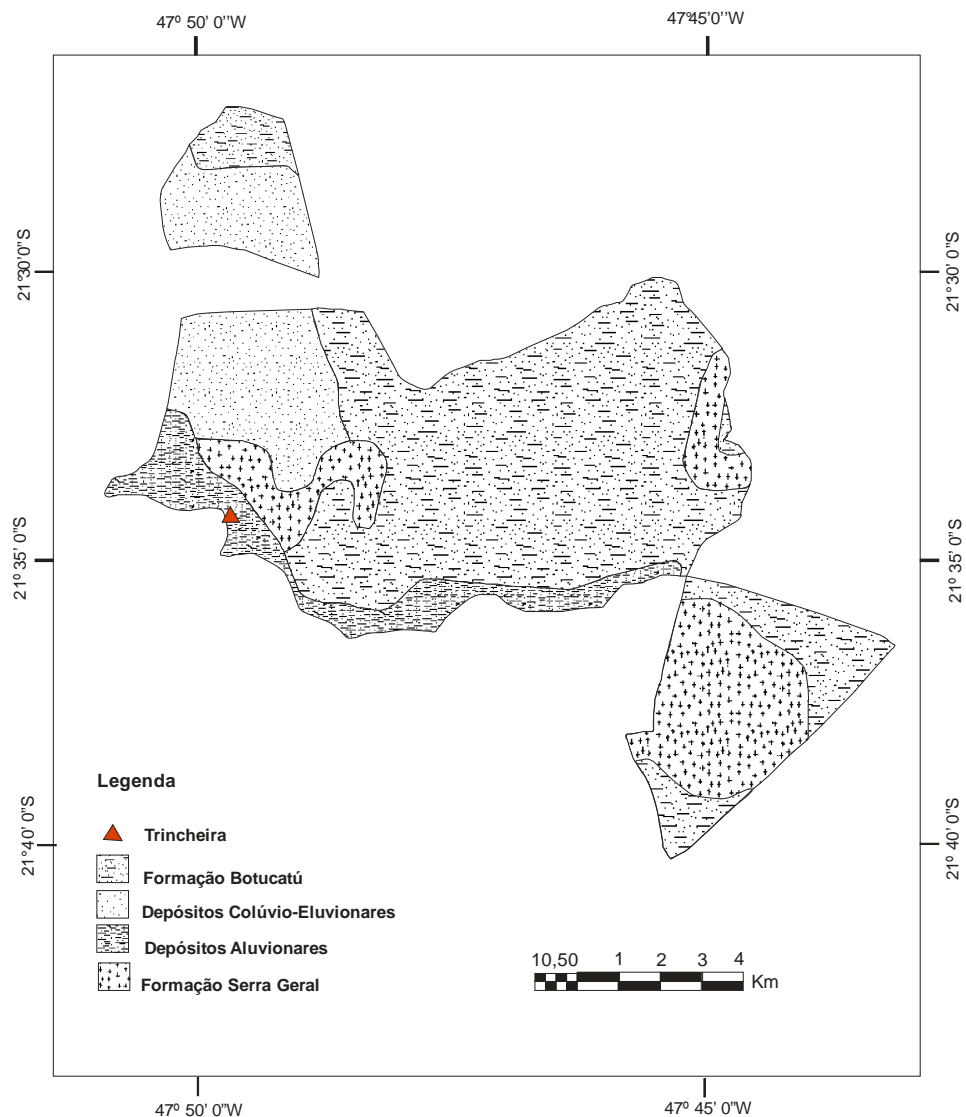


Figura 4: Geologia da área de estudo

2.3. Clima

O clima da Estação Ecológica de Jataí pode ser classificado como de transição entre o Aw (tropical úmido), com chuvas de verão pronunciadas e um inverno mais seco, e o Cwa (tropical de altitude) com médias térmicas variando entre 19 °C e 27 °C, segundo a classificação de Köppen. A média de precipitação anual para o período de 1970 a 2004, captados pelo aparelho de prefixo C4-096, há 670 m de altitude, coordenadas 21° 35' S e 47° 42' W, foi de 1.470 mm, principalmente concentradas no verão e no final da primavera. Os períodos mais úmidos se encontram nos meses de janeiro e dezembro, com precipitação de 250 a 260 mm e o mais seco no inverno e início da primavera, com precipitação de 20 a 60 mm, respectivamente, nos meses de janeiro e dezembro (DAEE – disponível em www.dae.sp.gov.br).

2.4. Vegetação na área de estudo

No contexto federal, a área do EEJ, está situada na porção atlântica do domínio dos Cerrados. Essa metade atlântica contrasta seriamente com a porção Amazônica do bioma Cerrado, por possuir apenas 2,6% de sua área protegida como unidade de conservação (Dias, 1994).

Toppa (2004) realizou um estudo sobre “Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí”, neste o autor definiu oito tipos de classes fitofisionômicas, a saber: cerradão, cerrado em regeneração, floresta mesófila semidecídua, vegetação de várzea, campo sujo, cerrado *strictu sensu*, plantio de *pinus* e reflorestamento de eucalipto. A maior parte da estação ecológica possui o cerradão como cobertura vegetal (60,72%).

CAPÍTULO III

Materiais e Métodos

A caracterização e organização dos dados obtidos no decorrer da pesquisa foram baseadas no levantamento bibliográfico do que já fora publicado sobre a vegetação do Cerrado no Brasil e na América do Sul, palinofloras Quaternárias, estudos dos carvões e suas aplicações nas reconstruções paleoambientais, isótopos estáveis do carbono na natureza e em reconhecimento de campo. Com base nestas literaturas, a metodologia utilizada incluiu uma série de procedimentos, que compreendem atividades de campo e laboratório.

3.1. Abertura da trincheira e amostragem

3.2. Tratamento químico das amostras para Palinologia

As amostras para palinologia foram processadas segundo o método clássico de Faegri & Iversen (1989) para sedimentos do Quaternário, que compreende as seguintes etapas:

- Pesagem de 10 grs de sedimento, uma vez que o Cerrado e o ambiente estudado apresentam uma baixa concentração de polens se comparado com a Mata Atlântica ou Manguezal;
- secagem na estufa por quatro horas a 60 °C;
- dissolução de silicatos por HF, deixando as amostras no ácido por no mínimo 18 horas;
- centrifugação das amostras com HF por 8 minutos na velocidade de 3000 rpm;
- descartar o HF e em seguida adição HCL 50% em todas as amostras, deixar em banho maria por 10 minutos;
- repetir este processo até o líquido ficar incolor;
- centrifugar as amostras por oito minutos a 3000 rpm e descartar o ácido;
- destruição de ácidos húmicos por solução de KOH 10%, a seguir repete-se o mesmo procedimento que foi realizado com o HCL;
- centrifugação e lavagem dos resíduos com água destilada, por oito minutos a 3000 rpm;

- adição do cloreto de Zinco (densidade dois), para separação por densidade dos palinomorfos dos sedimentos, a quantidade deve ser equivalente ao volume do resíduo e, em seguida centrífugar por cinco minutos a 1000 rpm;
- lavagem dos resíduos com HCL 25% (para baixar a densidade), centrifugar o resíduo por 10 minutos a 3000 rpm;
- adicionar glicerina 10% nas amostras e deixar com esta solução por mais ou menos duas horas mexendo sempre;
- centrífugar por oito minutos a 3000 rpm, descartar o líquido e deixar o tubo de cabeça para baixo por dez minutos;
- pipetar o material que restou para o cálculo do volume final.

Em seguida, deve ser adicionado em cada amostra uma quantidade proporcional de glicerina 50% (a quantidade de glicerina esta relacionada à quantidade da amostra), onde cada gota de glicerina equivale a 20 microlitros (Tabela 2).

Todos os dados foram devidamente registrados para posteriormente serem utilizados nos cálculos de número de grãos de pólen por peso.

Tabela 2: Contagem dos microlitros e gotas de glicerina utilizadas nas amostras

| Amostra | Profund.(cm) | *Gotas Glicerina | Microlitros |
|---------|--------------|------------------|-------------|
| EEJ 1 | 0 | 10 | 350 |
| EEJ 2 | 2 | 8 | 300 |
| EEJ 3 | 10 | 13 | 350 |
| EEJ 4 | 24 | 18 | 850 |
| EEJ 5 | 28 | 5 | 180 |
| EEJ 6 | 36 | 15 | 350 |
| EEJ 7 | 40 | 15 | 300 |
| EEJ 8 | 44 | 43 | 950 |
| EEJ 9 | 54 | 21 | 850 |
| EEJ 10 | 58 | 18 | 900 |
| EEJ 11 | 64 | 12 | 300 |
| EEJ 12 | 70 | 26 | 1100 |
| EEJ 13 | 74 | 8 | 220 |
| EEJ 14 | 78 | 18 | 825 |
| EEJ 15 | 84 | 15 | 300 |
| EEJ 16 | 90 | 22 | 1000 |
| EEJ 17 | 94 | 15 | 300 |
| EEJ 18 | 100 | 10 | 350 |
| EEJ 19 | 104 | 23 | 400 |
| EEJ 20 | 108 | 10 | 475 |
| EEJ 21 | 120 | 13 | 375 |
| EEJ 22 | 124 | 15 | 350 |
| EEJ 23 | 130 | 33 | 650 |
| EEJ 24 | 134 | 15 | 350 |
| EEJ 25 | 140 | 16 | 700 |
| EEJ 26 | 144 | 15 | 300 |
| EEJ 27 | 150 | 11 | 320 |
| EEJ 28 | 154 | 56 | 750 |
| EEJ 29 | 160 | 21 | 175 |
| EEJ 30 | 164 | 12 | 250 |

* Cada gota de glicerina é equivalente a 20 microlitros.

3.2.1. Montagem das Lâminas

Na confecção das lâminas, foram utilizadas lâminas de 76 mm x 26 mm. Em cada uma foram adicionadas duas linhas horizontais com cola (fig. 5), fazendo um traço bem fino, que serviram de apoio para a lamínula no momento que ela foi aplicada. A lamínula utilizada foi a de 24 mm x 50 mm.

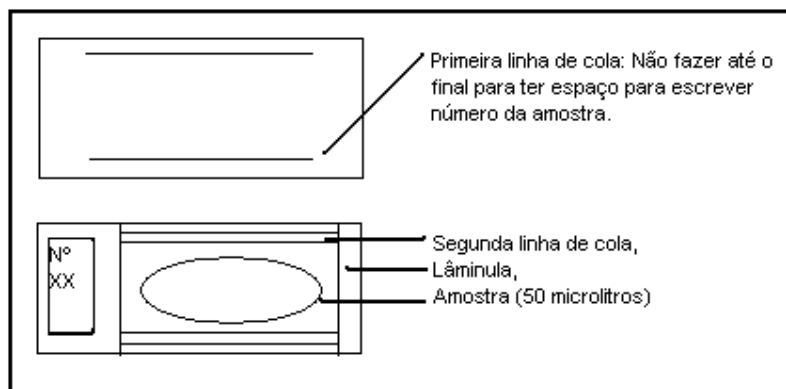


Figura 5: Esquema de Montagem das lâminas.

Após este procedimento, foram colocados no centro de cada lâmina 50 microlitros de amostra, em seguida fechada com a lamínula e colado os extremos, com cola de secagem rápida de histolaque LMR. Foram confeccionadas 31 lâminas no total.

3.2.2 Identificação e contagem dos grãos

A contagem dos palinomorfos contidos nas amostras foram realizados no laboratório de Paleohidrologia da UNICAMP/IG/DGRN, em microscópio óptico Zeiss Axio Imager.A1, com objetiva de 100 x. As lâminas foram lidas no sentido horizontal, sem espaçamento entre as colunas. Para cada nível foi lida uma lâmina utilizando-se a contagem de 200 a 300 grãos de pólen por lâmina.

Para facilitar a identificação, foi montado um catalogo com a descrição dos tipos polínicos e esporos encontrados nas lâminas em cada nível. A partir destes catálogos os palinomorfos (grãos de pólen e esporos) foram descritos e separados por família e gênero (quando possível), para facilitar o trabalho de identificação.

A classificação dos palinomorfos encontrados teve como base a literatura especifica dos atlas: Amazon Pollen Manual and Atlas (Colinvaux *et al.*, 1930), Pollen

Flora of Argentina (Markgraf & D' Antoni, 1978), Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira (Cerreira *et al*, 1996), Atlas de Pólen da Vegetação de Canga da Serra de Carajás (Carreira & Barth, 2003), Pollen Morphology and Plant Taxonomy (Erdtman, 1952), Cerrado: Ecologia e Flora (Sano *et al*, 2008) e, a Palinoteca do Laboratório de Paleohidrogeologia do DGRN/IG/UNICAMP, atualmente com 600 tipos polínicos procedentes de vários biomas do Brasil e Venezuela. Também foi confeccionada uma palinoteca de referência com 29 espécies vegetais típicas do Cerrado, que são encontradas na EEJ e no Cerrado no Brasil. Para a confecção desta palinoteca foram coletadas flores no campo e também do herbário do Instituto de Biologia da UNICAMP (UEC).

3.2.3 Construção dos diagramas polínicos

Foi construído um tipo de diagrama com a porcentagem individual de cada táxon. O diagrama polínico deve sintetizar os resultados da pesquisa de forma mais clara possível, de modo a permitir ao leitor visualizar as variações quantitativas e qualitativas dos dados obtidos (Faegri & Iversen, 1989).

O diagrama de porcentagem, nos da informação sobre possíveis mudanças e inferências do tipo de vegetação no tempo geológico decorrido. Neste caso, foram plotados os tipos mais representativos e os *taxa* de importância ecológica para a determinação dos diferentes ecossistemas. Nesta soma, foram excluídos os tipos polínicos indeterminados.

Para ser elaborado o diagrama polínico, foram realizados cálculos da concentração dos grãos, baseando-se no método matemático descrito por Cour (1974). Este método basea-se na quantidade de volume do resíduo utilizado na confecção da lâmina palinológica, no volume total dos resíduos após tratamento químico, quantidade de linhas observadas e o tamanho do campo da objetiva utilizada em questão, e por último a largura média de cada lâmina, definida pelas linhas de cola feitas nas lâminas.

A confecção do diagrama apresentado envolveu:

- Descrição sedimentológica do testemunho;
- plotagem dos resultados das datações ^{14}C em relação à profundidade;
- plotagem das porcentagens obtidas para cada *táxon*;
- plotagem dos resultados das análises isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ (plantas C_3 e C_4);
- plotagem dos resultados da contagem e identificação dos *charcoals* observados nas amostras;
- posicionamento de cada amostra analisada ao longo da trincheira.

Para identificação e determinação dos tipos polínicos, obtivemos a ajuda de uma das mais reconhecidas pesquisadoras sobre a palinologia do Cerrado no Brasil, a Profa. Dra. Maira Barberi, da Universidade Católica de Goiás (GO). O trabalho foi realizado em Goiânia, no Laboratório de Paleoecologia da Universidade Católica de Goiás, entre os dias 7/09 e 11/09 de 2009, através de uma jornada exaustiva e minuciosa para verificar as identificações dos grãos de pólen encontrados.

Os tipos polínicos presentes no diagrama da Fig. 6 foram ordenados por ordem alfabética, sendo apresentados primeiramente os *taxa* arbóreos, seguidos dos *taxa* herbáceos, aquáticos e esporos. *Taxas* com porcentagens menores do que 1 % foram representados pelo sinal +.

Com estes dados, obtém-se a porcentagem de resíduo observado em cada amostra, que nos dá o grau de representatividade da análise, o que possibilitou elaborar um gráfico de concentração para observar as mudanças ocorridas ao longo do perfil estudado e, realizar o cálculo da concentração dos grãos de pólen por grama do sedimento.

Todos os cálculos foram realizados no programa Excel, e o diagrama polínico no programa Corel Draw, que nos deu os mesmos resultados esperados que o programa tiliagraph nos proporcionaria.

Junto ao diagrama foram também plotados os resultados das análises isotópicas e indicados os níveis com fragmentos de carvão.

3.3. Técnicas e identificação dos fragmentos e carvão

Os mesmos intervalos estudados palinologicamente, foram estudados para análise de fragmentos de carvão para obter uma melhor representatividade do perfil.

Para a estudo sistemático dos fragmentos de carvão no MEV, foram utilizados 100 grs de amostras para cada profundidade. A seguir as 31 amostras foram secas a 60 °C por 4 horas e peneiradas na malha de 1,00 mm. Logo sob estereomicroscópio foram selecionados manualmente os fragmentos de carvão, os quais foram separados em *stubes*. Finalmente os fragmentos foram metalizados e fotografados no MEV (modelo Leo 430i) do laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Geociências, UNICAMP. Esse estudo teve por finalidade conhecer a estrutura anatomica preservada para fornecer subsídios na identificação dos fragmentos. Também foi observada a ocorrência dos fragmentos de carvões em lâminas palinológicas para que fosse possível completar com maior exatidão a ocorrência dos incêndios vegetacionais no ambiente de estudo.

3.4. Técnicas Isotópicas

3.4.1. Análise de $\delta^{13}\text{C}$ spectrometria de massas

Das análises isotópicas, a distinção entre as plantas C_3 e C_4 , que nos apresenta possíveis inferências em relação às trocas vegetacionais na área de estudo, foram enviadas uma quantidade de 1 miligrama de TFSA, foram selecionadas amostras a cada 10 cm desde a superfície até a profundidade de 180 cm para a caracterização isotópica $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica (MOS) e carbono orgânico total (COT), num total de 18 amostras retiradas das profundidades: 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm, 110 cm, 120 cm, 130 cm, 140 cm, 150 cm, 160 cm, 170 cm, 180 cm. As análises foram feitas no Laboratório de Isótopos Estáveis - CENA/USP, em um espectrômetro de massa acoplado a um analisador elementar ANCA-SL, Europa Scientific.

Os resultados de teor de carbono foram reportados como carbono orgânico total e expressados em porcentagem de peso seco. Os resultados da análise isotópica foram expressos em unidade de δ (‰), determinada em relação ao padrão internacional PDB e

referem-se à média de duas determinações, com precisão de $\pm 0,2\%$ (Pessenda *et al.*, 2007).

3.4.2. Datação pelo método de ^{14}C : AMS (Accelerator Mass Spectrometry)

Para a análise do C^{14} 3 amostras foram selecionadas, uma da base a 170 cm, do meio a 90 cm e outra próxima a superfície do perfil a 40 cm. Para esta análise foi realizada a extração da fração humina do solo através de um tratamento ácido-alcalino-ácido (Pessenda *et al.*, 1996), realizado no Laboratório de Paleohidrogeologia do Instituto de Geociências da UNICAMP. As datações ^{14}C da fração humina foram feitas através da técnica AMS (Accelerator Mass Spectrometry) obtidas no Laboratório da Universidade da Georgia, Estados Unidos. A idade ^{14}C é expressa em anos AP (antes do presente), normalizada a $-25,0\%$ (PDB), sendo presente o ano de 1950 (Pessenda & Camargo, 1991), e em anos calibrados (cal anos AP) com precisão de $\pm 2\sigma$ (Reimer *et al.*, 2004).

Essa técnica foi utilizada, uma vez que não foi encontrado nenhum fragmento de carvão com mais de 1 grs para ser datado, assim como já indicado foi utilizado o método da extração química da humina do solo (fração da matéria orgânica humificada), que se apresenta como o composto orgânico mais estável e teoricamente mais antigo e representativo da idade do solo (Pessenda *et al.*, 1992). Este procedimento foi realizado no Laboratório de Paleohidrologia da UNICAMP/IG/DGRN, de 10/2008 a 01/2010. Os procedimentos que foram utilizados serão descritos a seguir:

Pesagem de 800 grs de amostra. Depois de separado o material menor que 0,2 mm por fracionamento granulométrico, a amostra foi pré-tratada com 4L de HCL a 0,5 M a 80 C° durante 4 horas. Em seguida a mesma foi lavada com água destilada em recipientes de 5L até que atingisse pH 4.

Após este procedimento, a mesma foi tratada com uma solução de pirofosfato de sódio e hidróxido de sódio 0,1N, cujo objetivo é solubilizar os ácidos húmicos e flúvicos. Este procedimento foi repetido até a amostra torne-se clara.

Em seguida, as amostras foram submetidas á repetitivas lavagens com água destilada até atingir pH 4. A partir desse ponto, ás mesmas foram tratadas com HCL 3M a 80 C° por 12 horas, para se eliminar os resíduos orgânicos.

Como último passo, foi feita mais uma vez a lavagem com água destilada até atingir novamente pH 4, e a seguir o material foi seco a 40 C° em bandejas de alumínio

e posteriormente condicionando em sacos plásticos para então serem enviados ao Laboratório AMS (Accelerator Mass Spectrometry) da Universidade da Georgia, estados Unidos para serem datados. Foram tratadas três amostras correspondentes as profundidades que foram observadas variações, á 40 cm, 90 cm e 170 cm.

CAPÍTULO IV

Resultados

4.1. Análise da trincheira

4.1.1. Descrição da trincheira

A profundidade alcançada com a trincheira escavada no meandro foi de 2 m. Aquela apresenta um perfil composto por sedimentos bastante homogêneos, sem mudanças nítidas entre as camadas descritas. Entre 200-170 cm não foram coletadas amostras de cunho paleoambiental, pois os palinomorfos não são preservados neste tipo de sedimento. Neste intervalo foi observada a presença de areia grossa mal selecionada, indicando que esse intervalo corresponde ao canal. Após o estrangulamento do meandro, outros sedimentos foram transportados e depositados por decantação quais, proporcionando condições para que um solo se desenvolvesse posteriormente sob a dinâmica da vertente. Entre 200-170 cm corresponde a um paleoterraço do Rio Mogi-Guaçu. (Celarino, 2008). A seguir, a descrição do perfil da trincheira:

Intervalo de 0 cm a 40 cm: de cor preta (G1 2,5/1), caracteriza o topo da trincheira, textura média, composta por sedimentos argilo-arenosos pouco compactados, sem macroestruturas e com grande quantidade de raízes médias (com espessura de 2 a 5 mm).

Intervalo de 40 cm a 100 cm: de cor preta (G1 2,5/1), caracteriza a porção mediana do perfil, composto por sedimentos argilosos bem compactados, sem macroestruturas, extremamente escuros e com pouca presença de raízes finas (com espessura de 1 a 2 mm).

Intervalo de 100 cm a 170 cm: cinzento muito escuro (G1 3/N) a preto (G1 2,5/N) pode ser considerado como a faixa de transição plana entre o intervalo subjacente e inferior. É composto por sedimentos areno-argilosos (fração de areia média a fina), bem compactados, sem macroestruturas e também com pouca presença de raízes.

Intervalo de 170 cm a 200 cm: muito claro acinzentado (10YR 7/4), composto por sedimentos arenosos, sem estrutura, caracterizando a base do perfil. Nele não foram coletadas amostras, pois os palinomorfos não são preservados neste tipo de sedimento. Neste intervalo foi observada a presença de areia grossa mal selecionada, indicando que

o depósito corresponde a um meandro abandonado do canal.

Após o estrangulamento do meandro, outros sedimentos foram transportados e depositados por decantação, proporcionando condições para que um solo se desenvolvesse sob a dinâmica da vertente (Fig. 6). Assim, este ponto corresponde a um paleoterraço do Rio Mogi-Guaçu, representado pelo depósito de areia grossa e a sequência de horizontes orgânicos que se desenvolvem atualmente sobre o antigo terraço (Celarino, 2008).

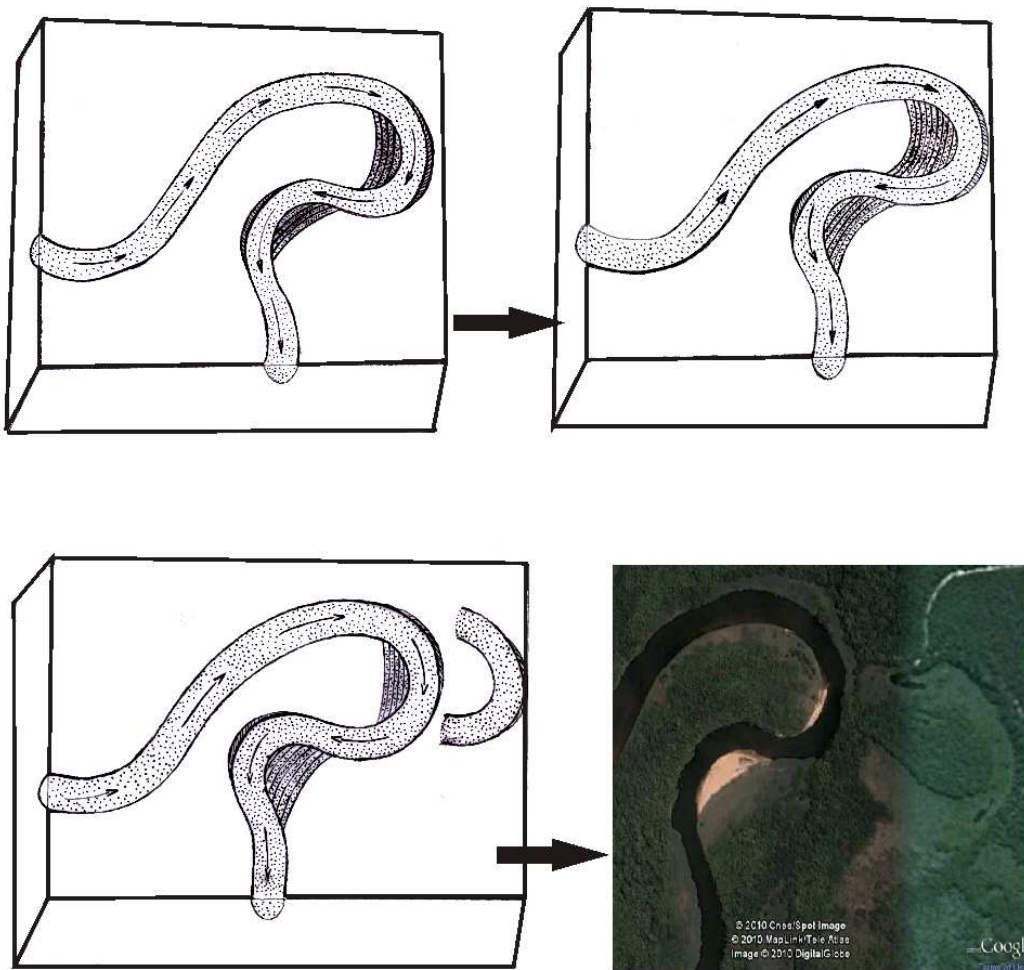


Figura 6: Evolução do meandro abandonado durante o Holoceno.

4.1.2. Datações

As datações por C^{14} variaram entre 2.096 e 10.251 anos A.P. (Tabela 3). Os dados apresentados na Tabela 1 indicam que os sedimentos foram depositado nos últimos 10.251 anos A.P.

No intervalo entre 00-40 cm de profundidade as idades variaram entre 2.096 e 2.183 anos A.P., indicando uma baixa taxa de sedimentação encontrada para o intervalo, denotando uma forte instabilização da área. Para o intervalo de 40-90 cm, foi identificado um hiato de sedimentação com duração de 8.009 anos, associado à dinâmica do curso do antigo canal do Rio Mogi-Guaçu. Por volta de 10.000 anos A.P. o meandro se formou e desligou-se do canal principal do rio. Nos períodos de cheia, que eram constantes, o terraço fluvial inundava, levando a um grande aporte de sedimentos no meandro. Com o passar do tempo, o canal do rio foi rebaixando e se distanciando do terraço fluvial, diminuindo as inundações e o aporte de sedimentos provindos do canal, formando assim o paleoterraço fluvial. Por conta dessa dinâmica temos uma alta taxa de sedimentação entre os níveis 170 e 90 cm e uma significativa diminuição desse aporte entre 40 e 0 cm. Do intervalo 90-170 cm de profundidade as idades variaram entre 10.186 e 10.251 anos A.P, indicando que neste intervalo os pulsos de inundações do Rio Mogi-Guaçu foram constantes, logo obtendo um grande aporte de sedimentos para tal data, porém em um curto espaço de tempo.

Tabela 3: Idades ^{14}C convencionais e calibradas em anos A.P.

| Amostra/prof. | Idade (^{14}C anos A.P.) | Idade (cal anos A.P., 2σ) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 – 40 cm | 2.160±25 | 2.096 -2.183 |
| 2 – 90 cm | 9.040±30 | 10.186-10.241 |
| 3 – 170 cm | 9.070±30 | 10.195-10.251 |

Os resultados evidenciaram um crescimento regular na datação da fração humina da MOS com o aumento da profundidade dos solos. Resultados similares foram obtidos em outros locais do Estado de São Paulo como em Botucatu, Jaguariuna e Pirassununga, com valores aproximadamente 8.000-8.700 anos A.P. para o intervalo 90-100 cm, e 3.000 anos A.P. para o intervalo de 50-60 cm.

A taxa de sedimentação calculada para a profundidade 170 a 90 cm foi de 8 cm/ano, já na profundidade 90 a 40 cm a taxa de sedimentação foi de 0,006 cm/ano, e para a profundidade 40 a 00 cm, a taxa de sedimentação foi de 0,018 cm/ano. A taxa de sedimentação não se manteve constante durante o perfil (Tabela 4).

Esta diferença nas taxas de sedimentação pode ser explicada pela movimentação do canal do Rio Mogi-Guaçu, e da formação do paleoterraço fluvial, onde, a medida em que o terraço vai gradativamente isolando-se do curso principal do rio o fluxo de água diminui, assim como o aporte de sedimentos.

Tabela 4: Taxa de sedimentação da trincheira de acordo com os intervalos de tempo em mil anos A.P.

| Intervalo | Taxa de sedimentação (cm/ano) / Intervalos de tempo |
|------------------|--|
| 00-40 cm | 0,018 / 2.096 – 2.183 |
| 40-90 cm | 0,006/ 10.186 – 10.241 |
| 90-170 cm | 8/ 10.195 – 10.251 |

4.1.3. Fragmentos de carvão

Para caracterização dos registros dos fragmentos de carvão nos sedimentos estudados, contamos com a ajuda do Prof. Dr. André Jasper (Laboratório de Paleobotânica, UNIVATES, Lajeado, RS), especialista na área. Em virtude disto, foi realizada uma viagem a UNIVATES, com o objetivo de identificar quais níveis continham fragmentos de carvão na trincheira estudada, e nos familiarizar com as técnicas antracológicas.

A partir das análises em MEV, foi possível identificar a ocorrência de fragmentos de carvão em seis níveis do perfil: a 70 cm, 74 cm, 78 cm, 100 cm, 108 cm e 120 cm. As características anatômicas da madeira apresentaram boa preservação, como elementos de vaso, fibras, etc. (Anexo I). Pelas fotografias obtidas em MEV foi possível inferir que a grande maioria dos fragmentos de carvão provinham de leguminosas, possivelmente relacionadas à família Caesalpinaceae. Nesta família o xilema tipicamente caracteriza-se por elementos de vasos com placas de perfuração simples e ponteaduras alternas, parênquima axial, paratraqueal vasicêntrico, raios homogêneos de

células procumbentes, com célula terminal quadrada e estratificados (de Paula e Alves, 2007).

A análise dos fragmentos de carvões nas lâminas palinológicas foi fundamental para que fosse possível completar com maior exatidão a ocorrência dos incêndios vegetacionais no ambiente de estudo. A partir disso, foram identificados oito níveis com a ocorrência de carvões, a saber: 70 cm, 74 cm, 78 cm, 108 cm, 120 cm, 124 cm, 134 cm e 170 cm, coincidindo vários desses com os níveis onde foram encontrados fragmentos de carvão avaliados no MEV. Todas as ocorrências foram plotadas no diagrama polínico com a finalidade de auxiliar na interpretação paleoambiental (Fig. 6).

Assim foi possível confirmar que a ocorrência de incêndios vegetacionais de origem indefinida é relativamente comum e recorrente na área de estudo. Conclui-se que a partir dos registros dos carvões analisados, os paleoincêndios ocorreram na área no início do Holoceno até o Holoceno médio, mas especificamente até 6.986 anos A.P., antes desta data, até os dias atuais, não foi identificado registros dos mesmos.

4.2. Análises Isotópicas: $\delta^{13}\text{C}$, Carbono total e ^{14}C

Tabela 5: Análises de $\delta^{13}\text{C}$ e C das amostras

| Nível | Amostras | C total (%) | δ (‰) ^{13}C |
|------------|-------------|-------------|------------------------------|
| 0 – 40cm | Org 00-10 | 2,79 | -20,26 |
| | Org 10-20 | 3,11 | -20,86 |
| | Org 20-30 | 3,99 | -18,42 |
| | Org 30-40 | 3,3 | -16,52 |
| 40 – 100cm | Org 40-50 | 3,65 | -15,88 |
| | Org 50-60 | 2,62 | -15,61 |
| | Org 60-70 | 1,84 | -15,74 |
| | Org 70-80 | 2,95 | -17,16 |
| | Org 80-90 | 1,75 | -15,89 |
| | Org 90-100 | 2,25 | -15,26 |
| 100-175cm | Org 100-110 | 2,72 | -15,19 |
| | Org 110-120 | 4,06 | -15,26 |
| | Org 120-130 | 5,41 | -14,43 |
| | Org 130-140 | 6,03 | -14,31 |
| | Org 140-150 | 6,04 | -14,23 |
| | Org 150-160 | 2,89 | -14,4 |
| | Org 160-170 | 2,66 | -14,24 |
| | Org 170-180 | 0,47 | -14,75 |

Admite-se que 85% de todas as espécies de plantas possuem o sistema fotossintético C₃ (em geral de hábito arbóreo) e assumem os valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -32‰ e -22‰, com média em torno de -27‰ (Pessenda, 2005). Admite-se ainda que as plantas C₄ (comumente gramíneas e outras plantas de hábito herbáceo) correspondem a cerca de 5% de todas as espécies de plantas, e desses, 50 % correspondem a gramíneas, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ maiores do que as plantas C₃, entre -17 ‰ e -9 ‰, com uma média de -1 ‰ (Pessenda, 2005).

Dos resultados de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nas amostras estudadas, para o intervalo de 170 a 100 cm, os resultados isotópicos obtiveram valor entre -14,23‰ a -15,26‰, caracterizando predominância de plantas C₄ (gramínea). Entre o intervalo de 100 e 40 cm, os valores ficaram entre -15,26‰ a -15,89‰ C₄ (gramínea). E por ultimo, no intervalo entre 40 e 0 cm, os sinais isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ assumiram valores entre -15,52‰ a -20,26‰, caracterizando uma possível mistura entre as plantas C₃ (floresta) e C₄ (gramínea).

Dos resultados de carbono orgânico total (%), entre os níveis 170 e 100 cm, temos valores entre 0,47 e 6,04 % de C, indicando fortes heterogeneidades no pacote correspondente ao período de estrangulamento do meandro e de formação do terraço. Tais heterogeneidades devem, portanto, estar relacionadas a períodos de inundações, com variação no aporte de sedimentos. A constância de percentual de carbono durante os últimos 2.000 anos A.P., associada à baixa taxa de sedimentação encontrada para este intervalo denotam uma forte estabilização da área, o que por sua vez, justifica a redução da fração $\delta^{13}\text{C}$, correspondendo uma vegetação onde as gramíneas são gradativamente substituídas por plantas de maior porte. Entre os níveis 100 e 40 cm, temos 1,75 a 3,65% de C e, de 40 a 0 cm, os valores de C variaram entre 3,11 e 3,99% de C.

4.3. Descrição dos diagramas

Os resultados da análise palinológica são apresentados no diagrama da Fig. 6. Os dados foram apresentados em porcentagem de cada *taxon* em relação à soma dos grãos de pólen de plantas arbóreas (AP), herbáceas (NAP) e de esporos.

O estudo palinológico dos 31 níveis mostrou variações quantitativas e qualitativas dos tipos polínicos observados. Vinte e sete níveis apresentaram número inferior a 150 grãos, e quatro apresentaram entre 200 e 300 grãos, quantidade normalmente utilizada na construção de diagramas polínicos.

Os tipos polínicos presentes no diagrama (Fig. 7) foram ordenados por ordem alfabética, sendo apresentados primeiramente os *taxa* arbóreos, seguidos dos *taxa* herbáceos, aquáticos e esporos. Os *taxon* com porcentagens menores do que 1 % foram representados pelo sinal +. Após a análise deste diagrama, o registro polínico da trincheira estudada pôde ser dividido em 3 intervalos. Estes foram separados pela variação das freqüências de grãos de pólen de Cerrado ao longo da trincheira e variação das idades obtidas nas amostras datadas. O intervalo inferior (Intervalo I) é caracterizado pela ausência de grãos de pólen e esporos na maioria dos níveis. O segundo intervalo ou médio (Intervalo II) é caracterizado pela ocorrência dos *taxa* índice de Cerrado como *Curatella*, *Dydimopanax*, *Euphorbia*, *Byrsonima*, *Gonphrena*, pela alta freqüência de grãos de pólen de Cyperaceae e pela presença de esporos. Por fim o último intervalo superior (Intervalo III), pode ser caracterizado pela alta freqüência de taxa índice de Cerrado, como a *Caryocar*, *Euphorbia*, e a presença de esporos. A descrição de cada um dos intervalos é apresentada a seguir:

Intervalo I: entre 170 cm e 78 cm, caracterizado principalmente pela baixa concentração de grãos de pólen (0 a 50 grãos de pólen/grama de sedimento) e pela baixa freqüência relativa de esporos. O nível 170 a 168 cm é o único do intervalo que apresenta tipos polínicos. Entre os *taxa* arbóreos presentes, as maiores porcentagens foram de Araliaceae (*Dydimopanax*), Malpighiaceae (*Byrsonima*) e Myrtaceae. Entre os *taxa* não arbóreos, observamos principalmente a presença de Lithraceae. A idade do intervalo I variou entre 10.251 e 10.186 A.P.

Intervalo II: entre 78 cm e 40 cm, caracterizado por uma maior concentração de grãos de pólen e aumento progressivo nas freqüências dos *taxa* do Cerrado se comparadas ao intervalo I. Neste intervalo há um aumento das freqüências de esporos de *Polypodium* e *Alsophila* e de diversos *taxa* de grãos de pólen arbóreos e herbáceos como *Byrsonima*, *Euphorbia*, Myrtaceae e *Dydimopanax*. Contudo, aqui é inferida a presença de uma interrupção ou erosão dos sedimentos devido a pouca espessura do pacote sedimentar se confrontado com sua duração de aproximadamente 8.000 A.P. A idade do intervalo II variou entre 10.186 e 2.096 A.P.

Intervalo III: entre 40 – 0 cm, é caracterizado pelo aumento dos *taxa* arbóreos como Euphorbiaceae, *Dydimopanax*, Rubiaceae, *Byrsonima* e *Ilex*. Entre os *taxa* herbáceos predomina-se Poaceae, Asteraceae, Lithraceae, *Gonphrena* e *Hypits*. Quanto aos esporos, há um aumento progressivo dos gêneros *Polypodium*, *Alsophila* e

Lycopodium que representa a vegetação que habitava próxima ao depósito, caracterizando a implantação do bioma Cerrado, tal como conhecemos hoje. A idade do intervalo II variou entre 2.096/2.183 A.P. - Hoje.

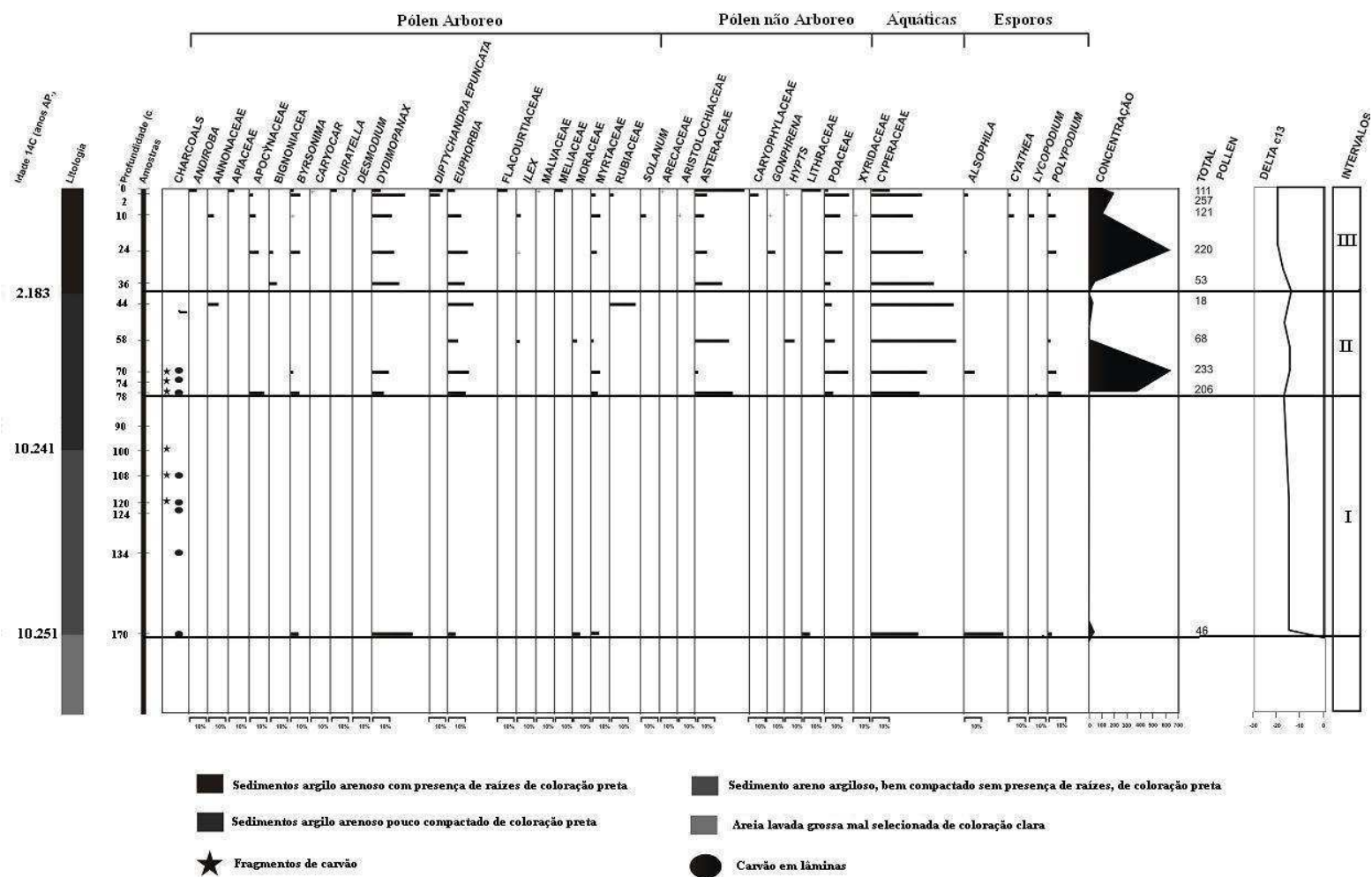


Figura 7: Diagrama polínico de porcentagem dos palinomorfos, fragmentos de carvão e análises isotópicas.

4.4. Os registros do Cerrado no Holoceno do Brasil

O clima na América do Sul e nas regiões do Cerrado no Brasil desde o Pleistoceno até o presente nunca foi constante. Fases mais secas e úmidas foram se alternando durante todo o Quaternário (Tabela 3). Os registros mais antigos conhecidos do bioma Cerrado, obtido na região Central do Brasil, datam de cerca de 32.000 anos A.P. Nesses, a alta frequência de grãos de pólenes de espécies índices desse bioma como *Byrsonima* e *Mauritia* e de fragmentos de carvão confirmam a presença do Cerrado e a ocorrência de incêndios na região desde aquela época (Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini, 1994; Barberi *et al.*, 2000; Ferraz Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru, 2002), como pode ser conferido na Tabela 2. Cabe ressaltar, que a partir de aproximadamente de 4.000-3.000 anos A.P. no Brasil observa-se uma expansão do bioma Cerrado onde a porcentagem de grãos de pólenes de plantas de hábito arbóreo aumenta indicando uma vegetação mais densa e mais diversa constituindo esse bioma. Em aproximadamente 1.400-1.250 A.P. as condições climáticas modernas começaram.

4.4.1. Com relação a outros indicadores paleoambientais do Cerrado

Na localidade de Salitre, Estado de Minas Gerais, a presença de carvões em todo perfil estudado por Pessenda *et al.* (1996), indica que paleoincêndios ocorreram nesta área durante todo Holoceno, exibindo valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais empobrecidos, com predominância de vegetação C_3 e de condições mais úmidas na região Central do Brasil corroborando as condições climáticas indicadas pelas análises palinológicas. Em Jaguariúna, Estado de São Paulo, a presença de vegetação C_4 indica provavelmente a ocorrência de um clima mais seco do que o atual no final do Pleistoceno, já em Botucatu (SP), os dados isotópicos indicaram presença de plantas C_3 em todo Holoceno (Gouveia *et al.*, 1999).

Tabela 3: Evolução da Vegetação Cerrado nos últimos 32.000 A.P.

Scheel-Ybert *et al.*, (2003), em estudos sobre a evolução paleoambiental no Estado de São Paulo (Botucatu, Jaguariúna, Pirassununga), com base nas análises antracológicas e isotópicas, revelaram que incêndios ocorreram nestas áreas durante todo Holoceno, indicados por altas concentrações de carvão nos perfis estudados. Isso

apóia a teoria de um clima mais seco na região sudeste principalmente entre 10.000 a 7.000 A.P.

Entre 7.000 e 6.000 A.P., brejos e pântanos começaram a se formar no Brasil Central, o clima foi quente a semi-úmido com um período seco de três a cinco meses dependendo do lugar, fato que é comprovado pela presença do gênero *Mauritia* nas assembléias palinológicas (Salgado-Labouriau, 1997). Este aumento da umidade e das chuvas foi ainda observado em outras regiões do continente sul americano, como o Lago de Valência (Venezuela) que transbordou na sua borda ao norte. A partir desta data para o Brasil, em aproximadamente 3.000 A.P. até os dias atuais, estudos indicam um aumento da vegetação mais densa e mais diversa crescendo nos Cerrados (Salgado-Labouriau, 1997).

4.4.2. Evolução paleoclimática/ambiental da área de estudo

A reunião dos resultados obtidos nas pesquisas a partir dos isótopos do carbono, da palinologia e dos carvões, nos permitiram tecer inferências acerca da evolução paleoambiental no Município do Luiz Antônio a partir do início do Holoceno (Fig. 7). Assim entre 170-78 cm ou Intervalo I (que correspondem aproximadamente com 10.251 a 10.195 A.P.) existe uma baixa concentração de grãos de pólen e esporos, que aliada às informações das análises isotópicas e à presença de fragmentos de carvão, indicam que este intervalo, possivelmente, foi caracterizado por uma fase mais seca do que a atual. Na qual predominava uma vegetação de Cerrado de campo aberto com presença de incêndios. Cabe destacar que a 170-168 cm já estavam presentes pelo menos as famílias Araliaceae (*Dydimopanax*), Malphigiaceae (*Byrsonima*), Myrtaceae e Lithraceae indicadas pelo registro palinológico, além de Caesalpinaceae indicada pelos carvões.

Entre 78-40 cm ou Intervalo II, apresenta uma idade superior a 10.195 A.P. na base e acaba aproximadamente em 2183 A.P., embora haja presença de esporos, grãos de pólen e carvões sua interpretação está comprometida uma vez que neste intervalo parte do registro foi erodido. Contudo a base do intervalo II foi aqui estabelecida na aparição de *Byrsonima*, *Euphorbia*, Myrtaceae e *Dydimopanax*, e a uma significativa diminuição dos fragmentos de carvão que confirmam as interpretações feitas para $\delta^{13}\text{C}$.

Entre 40 – 00 cm ou Intervalo III (2.183- hoje) é possível verificar a partir dos registros isotópicos e palinológicos que teve lugar uma expansão da floresta sobre o campo, com predomínio de um clima umido mais parecido com o atual.

4.4.3. Comparação da Evolução Paleoambiental no Município de Luiz Antonio com outras regiões do Brasil.

Há cerca de 10.000 A.P., no intervalo I, a área de estudo experimentou um clima seco e como consequência a vegetação predominante foi mais aberta, com ocorrência de paleoincêndios. Como confirmado pela ausência de palinomorfos e pelos valores de $\delta^{13}\text{C}$ por volta de -14,24‰ que retratam o predomínio de plantas C_4 . Em tal data no Brasil, principalmente na região central, outros estudos relatam uma fase mais seca com uma vegetação mais aberta, com registros de queimadas (Salgado-Labouriau *et al.*, 1997; Ledru *et al.*, 2001 e Ledru *et al.*, 2002). Scheel-Ybert *et al.*, (2003) em estudos sobre a evolução paleoambiental no Estado de São Paulo (Botucatu, Jaguariuna, Pirassununga), com base nas análises antracológicas e isotópicas, revelam que incêndios ocorreram nestas áreas durante todo Holoceno, indicados por altas taxas de carvão nos perfis estudados. Isso apóia a teoria de um clima mais seco na região sudeste principalmente entre 10.000 a 7.000 A.P. concordando com os resultados obtidos.

De 10.186 a 2.096 A.P. (intervalo de II), a partir da presença de grãos de pólen do Cerrado e da rara presença de fragmentos de carvão, evidencia-se uma fase mais úmida, com uma vegetação mais fechada que a anterior. Estudos de Behling (1995), afirmam que entre 9.720 a 5.530 A.P. o clima foi mais seco no Brasil, principalmente na região Central. A partir de 5.530 A.P. a umidade começou a aumentar.

De 2.096 A.P. até os dias atuais (intervalo III) não há registro algum de carvão e os dados isotópicos apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ por volta de -20,26‰, indicando uma mistura de plantas C_3 e C_4 . Estas novas condições mostram a expansão do cerradão, que configura a vegetação atual na EEJ. De acordo com Salgado-Labouriau (1997) tais condições ambientais iniciaram no Brasil aproximadamente a 1.400-1.250 A.P. quando os grãos de pólen de plantas de hábito arbóreo aumentaram indicando uma vegetação mais densa e mais diversa crescendo nos Cerrados, onde as condições climáticas modernas começaram.

A evolução do depósito estudado estaria associada à dinâmica do curso do antigo canal do Rio Mogi-Guaçu. Por volta de 10.000 A.P. a migração lateral do rio desligou o meandro do canal principal do rio. Nos períodos de cheia, o lago formado era inundado trazendo como consequência a deposição de sedimentos e/ou erosão, acreditasse que essas inundações foram constantes. Com o passar do tempo, o canal do rio foi rebaixando e migrando longe do lago, trazendo como consequência uma, diminuindo das inundações e do aporte de sedimentos e finalmente formando um terraço fluvial. Por conta dessa dinâmica temos uma alta taxa de sedimentação entre os níveis 170 e 90 cm e uma significativa diminuição desse aporte entre 40 e 0 cm.

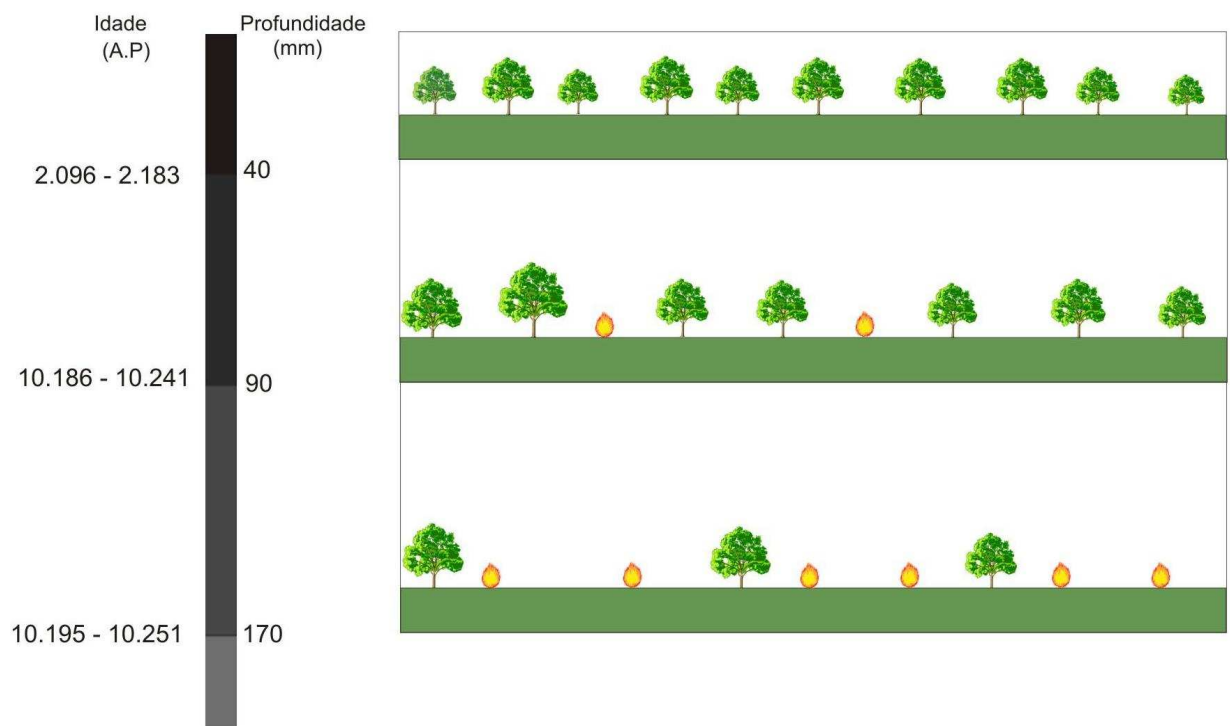


Figura 8: Evolução da vegetação da Estação Ecológica de Jataí nos últimos 10.251 A.P.

CAPÍTULO V

Conclusões Gerais

Por meio do estudo puderam ser concebidas as seguintes conclusões:

As análises palinológicas, juntamente com o uso dos isótopos do carbono nos solos e, análises antracológicas, permitiram evidenciar a ocorrência de provável mudança de vegetação e climática ocorrida na região do Município de Luís Antônio.

A presença de vegetação C₄ em Luís Antônio foi provavelmente à ocorrência de um clima mais seco que o atual durante o início do Holoceno, que se estendeu até o Holoceno médio. Além da ausência de grãos de pólen, e a presença de fragmentos de carvões, indicando que paleoincêndios ocorrem na área nos últimos 10.000 A.P até 6.986 A.P. Após o Holoceno médio até os dias atuais, o predomínio de vegetação C₄ e C₃, sugerem que neste período de tempo a área estudada foi coberta por uma mistura de vegetação de campo e floresta, indicando uma regressão do campo associado a um provável clima mais úmido, e uma vegetação mais fechada, mais próximo do atual, característica de cerradão, vegetação dominante hoje na EEJ.

Os dados palinológicos fornecem evidências de algumas alterações climáticas, que modificaram o conjunto e a distribuição da vegetação a partir de 10.251 A.P. O período entre 10.251 a 2.096 A.P. que corresponde ao intervalo II é marcado por condições gerais de clima mais seco, com baixa frequência de pólen e altas concentrações de carvões. No intervalo III, entre o período de 2.096 até os dias atuais, o predomínio de plantas índice de Cerrado como a *Dydimopanax* e *Byrsonima*, indicam que a vegetação esteve mais fechada até os dias atuais.

Através da análise dos fragmentos de carvão encontrados na trincheira, podemos afirmar que incêndios ocorrem na EEJ desde o início do Holoceno. Não se sabe se de origem antrópica ou natural, porém, nos permite inferências sobre a periodicidade destes eventos no transcurso do Holoceno na EEJ. A partir destas análises foi possível identificar que a grande maioria dos fragmentos de carvão provinham de leguminosas, possivelmente relacionadas à família Caesalpinaceae.

Em termos da dinâmica atual da vegetação, o avanço da floresta sobre o campo

também pode ser observado pelo aparecimento de vegetação C₃. O que indica que houve uma troca de vegetação na área durante o Holoceno e que atualmente a floresta encontra-se em expansão. Junto disso, o aumento de espécies índices de Cerrado, que poderiam estar se expandindo para o campo e a ausência de fragmentos de carvão, confirmam essa provável mudança de clima mais úmido para os dias atuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSY, M.L. 1975. **Pólen e esporos do Quaternário de Santos (Brasil)**. Hoehnea, 5: 1-26.
- ADÁMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.; MADEIRA NETO, J. 1987. **Caracterização da região dos Cerrados**. In: GOEDERT, W.J. *Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo, Nobel/EMBRAPA, p.33-74.
- AGUIAR, L.M.S., CAMARGO, A.J.A. 2004. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina-DF: Embrapa cerrados. Brasília, 2004. 249 pp.
- BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; TURQ, B.; FLEXOR, J.M. 1995. **Análise palinológica da vereda de Águas Emendadas/DF**. In V CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1995, Niterói. *Anais do V Congresso ABEQUA*, São Paulo, ABEQUA, v.1, p. 10-17.
- BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; TURQ, B.; BARBERI, M., SALGADO-LABOURIAU, M.L. & SUGUIO, K. 2000. **Paleovegetation and Paleoclimate of “Vereda de Águas Emendadas”, DF, Central do Brazil**. *J.S. Am. Earth Sci.*, 13:241-254.
- BARBERI, M. 2001. **Mudanças Paleoambientais na Região dos Cerrados do Planalto Central durante o Quaternário Tárdio: O estudo da Lagoa Bonita**. *Tese de Doutorado*. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar-USP/SP, 210 p.
- BADAL-GARCIA, E. 1992. **L’anthracologie préhistorique: à propos de certains problèmes méthodologiques**. Bulletin de la Société Botanique de France, Paris, Actualités botaniques, 139(2/3/4):167-189 p.
- BEHLING, H. 1995. **A high resolution Holocene pollen record from Lagoudf do Pires, SE Brazil: Vegetation, climate and fire history**. *Journal of Paleolimnology* 14, 253±268 p.
- BORGONOV, M. & CHIARINI, J. V. 1965. **Cobertura vegetal do Estado de São Paulo – Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas por Cerrado, Cerradão e Campo, em 1962**. *Bragantia*, v. 24, n. 14, p. 159-172.
- BREUIL, H. 1903. **Les fouilles dans la grotte du Mas d’Azil (Ariège)**. Bulletin Archéologique, Paris, 421- 436p.

- BURGUER, L. M. & RICHTER, H. G. 1991. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Ed. Nobel, p. 154.
- BROOKS, J. & SHAW, G. 1978. **Sporopollenine: a review of its chemistry, paleochemistry and geochemistry**. Grana, 17: 91-97.
- CARREIRA, L.M.M.; SILVA, M. F.; LOPES, J.R.C.; NASCIMENTO, L.A.S. 1996. **Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 137.
- CARREIRA, L.M.M.; BARTH, O.M. 2003. **Atlas de Pólen da Vegetação de Canga da Serra de Carajás**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 112.
- CELARINO, A.L.S. 2008. **Análise Granulométrica, química e mineralógica dos solos de uma toposequência na Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio-SP**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 57 p.
- COUR, P., 1974. Nouvelle techniques de detection des flux et des retombées polliniques: étude de la sedimentation des pollens et des spores a la surface du sol. Pollen et Spores, XVI: 103 – 141.
- COUTINHO, L. M. 1990. **Fire in the Ecology of Brazilian Cerrado**. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed). **Fire in the tropical biota: ecological processes and global challenges**. New York: Springer-Verlag, p. 82-105 (Ecological Studies, 84).
- COLINVAUX, P.; OLIVEIRA, P.D.; MORENO, E. 1930. **Amazon Pollen Manual and Atlas**. Amsterdam. Harwood Academic Publishres, p. 332.
- CLARK, R.L. 1982. **Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments. Australia**. Pollen et Spores. Vol. XXIV, nº 3-4, p. 523-535.
- CHRISTOFOLETI, A. 1980. **Geomorfologia: Geomorfologia Fluvial**. São Paulo. 2º ed. Ed: Edgard Blucher Ltda, p. 88-95.
- CUNHA, S.B. 1995. **Geomorfologia Fluvial**. In: Cunha, S.B. & GUERRA, A.J. (Eds) Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 2º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 211-226 pp.
- DIAS, B.F.S. 1992. **Cerrados: uma caracterização**. In: DIAS, B.F.S. *Alternativa de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis*. Brasília, IBAMA, p. 11-25.
- DIAS, B.F.S., 1994. **Conservação da natureza no Cerrado brasileiro**. In: PINTO, M.N (org), Cerrado. EdUnb, Brasília, 607-663 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – disponível em www.daee.sp.gov.br

DURIGAN, G., RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., SIQUEIRA, M.F. & FRANCO, G.A.D.C. 2003. **Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma nova perspectiva regional**. *Hoehnea* 30:39-51.

EITEN, G. 1994. **Vegetação do Cerrado**. In: PINTO, M. N. (Coord.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. Brasília: UNB/SEMATEC, 1, p. 9-65.

ERDTMAN, G. 1952. **Pollen Morphology and plant taxonomy: Angiosperms**. Almqvist & Wiksell, Stockholm, p. 538.

FAEGRI, K. & IVERSEN, J. 1950. **Text-book of Modern Pollen Analysis**. 1ª edição, Ejnar Munksgaard, Copenhagen, 168 pp.

FAEGRI, K. & IVERSEN, J. 1989. **Textbook of Pollen Analysis**. John Wiley & Sons, LTD, Chichester, 328 pp.

FERRAZ-VICENTINI, K.R. 1993. **Análise Palinológica de Uma Vereda em Crominia, GO**. *Unpublished Thesis*, University of Brasilia, 87 p.

FERRAZ-VICENTINI, K.R., SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1996. **Palynological analysis of a palm swamp in central Brazil**. *Journal of South American Earth Science*, 9 (3/4), 207±219.

FLEXOR, J.M. 1995. **Ánalise palinológica da vereda de Àguas Emendadas/DF**. In: V Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 1995. Niteóri. *Anais do V Congresso ABEQUA*, São Paulo, ABEQUA, v.1, p. 10-17. HEER, O., 1866. **Pflanzen der Pfanzhlabuten**. *Neujbl. Naturf. Ges. Zürich auf das Jahr, Zurich*, 1866:1-54.

GOUVEIA, S.E.M., PESSENDA, LCR., BOULET, R., ARAVENA, R., SCHEEL-YBERT, R. 1999. **Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos no Estado de São Paulo**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 71 (4-II), 11 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISCA-IBGE. 2004. **Mapa dos Biomas brasileiros**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISCA -IBGE. 2007. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro, 2º ed. 316 p.

KELLERHALS, R., CHURCHM., BRAY, D.I. 1976. **Classification and analysis of river processes**. *J. Hydraulics Division*, 102: 813-829 p.

- LEDRU, M.P.; BERTAUX, J.; SIFEDDINE, A.; SUGUIO, K. 1998. **Absence of Last Glacial Maximum records in lowland tropical forests.** *Quaternary Research*, v.49, 233-237 p.
- LEDRU, M.-P., 2001. **Late Holocene rainforest disturbances in French Guiana.** *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol.115 (3-4), 161-176.
- LEDRU, M.P. 2002. **Late Quaternary history and evolution of the Cerrados as revealed by palynological records.** In Oliveira, PS & Marquis, R.J. (Eds). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savana*. New York: Columbia University Press.33-52 p.
- LEDRU, M.P.; CAMPELLO, R.C.; LANDIM, D.; DOMINGUEZ, J.M.; MARTIN, L.; MOURGUAAT, P.; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B. 2001. **Late-Glacial cooling in Amazonia inferred from pollen at Lagoa do Caçó, Northern Brazil.** *Quaternary Research*, v.55, 47-56 p.
- LEDRU, M.P.; MOURGUAAT, P.; CECCANTINI, G.; TURCQ, B.; SIFEDDINE, A. 2002. **Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change.** *Geology*, v.30,275-278 p.
- LIBBY, W.F. 1955. **Radiocarbon dating.** 2. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1755p.
- LORANDI, R.;LORANDI, R ; GONÇALVES, A. R. L. ; TRINDADE, M. ; FREIRE, O. 1990. **Levantamento pedológico semidetalhado da bacia do córrego do Jataí (SP) e áreas adjacentes.** (Relatório de pesquisa). 125 p.
- LORANDI, R.;LORANDI, R ; GONÇALVES, A. R. L. ; TRINDADE, M. ; SOBREIRA, M. L. 1992. **Levantamento Pedológico Semidetalhado da Bacia do Córrego do Cafundó (SP) e suas aplicações.** (Relatório de pesquisa). 90 p.
- MARKGRAF, V.; D'ANTONY, K.L. 1978. **Pollen Flora of Argentina.**The University of Arizona Press, Tucson-Arizona. p. 208.
- MARTINS, F.R. 1991. **Estrutura de uma floresta mesófila.** Campinas: Editora da Unicamp, 246 p.
- METCALFE, C. R. & CHALK, C. 1950. **Anatomy of the dicotyledons.** 2 vlo. Oxford: Clarendon Press, p. 150.
- MUNSELL COLOR. **Munsell® Soil Color Charts.** Baltimore. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation.
- DE PAULA, J. E., ALVES, J.LH. 2007. **897 Madeiras Nativas do Brasil – Anatomia,**

- dendrologia, dendometria, produção e uso.** Editora Cinco Continentes Ltda. Porto Alegre p. 102-107.
- DE OLIVEIRA, P.E. 1992. **A Palynological Record of the Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in Southeastern Brazil.** *Unpublished Thesis*, Ohio State University, 242 p.
- DE OLIVEIRA, P.E.; BARRETO, A.M.F.; SUGUIO, K. 1999. **Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River.** *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeocology*, v.152, p. 319-337.
- DE OLIVEIRA, P.E., BEHLING, H., LEDRU, M-P., BARBERI, M., BUSH, M., SALGADO-LABOURIAU, M.L., GARCIA, M.J., MEDEANIC, S., BARTH, O.M., BARROS, M.A., SCHEEL-YBERT, R. 2005. **Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil.** In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., DE OLIVEIRA, P.E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 52-69 p.
- PIRES, J.S.R., SANTOS, J. E & PIRES, A.M.Z.C.R. 1997. **Conservação de Lagoas Marginais: Avaliação e preposição de estratégias para um trecho do Rio Mogi Guaçu-SP.** Brasil. Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, UFSCar, SP.Vol 1: 277-283.
- PIRES, A. M. Z. R. 1999. **Diretrizes para Conservação da Biodiversidade em planos de manejo de Unidades de Conservação. Caso de estudo: Estação Ecológica de Jataí e Estação Experimental de Luiz Antônio.** São Carlos, Tese (Doutorado em Ecologia). PPG-ERN, CCBS, UFSCar. 208 p.
- PESSENDA, L.C.R., RAMON ARAVENA., MELFI, A.J., TELLES, E.C.C., RENÉ BOULET., VALÊNCIA, E.P.E., TOMAZELLO, M. 1996. **The use of carbon isotopes (13C, 14C) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in Central Brazil.** *Radiocarbon*, Vol. 38, No. 2, p. 191-201.
- PESSENDA, L.C.R., GOUVEIA, S.E.M., ARAVENA, R. 2001. **Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with ¹⁴C ages of fossil charcoal.** *Radiocarbon*, New Haven, v. 43, n. 2B, p. 595-601.
- PESSENDA, L.C.R., GOUVEIA, S.E.M., ARAVENA, R., BOULET, R., VALENCIA, E.P.E. 2003. **Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes.** *Quaternary International 114*. Elsevier Science Ltda and INQUA, p. 35-43.

- PESSENDA, L.C.R., GOUVEIA, S.E.M., ARAVENA, R. BOULET, R., VALENCIA, E.P.E. 2004. **Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fóssil charcoal and soil carbon isotopes.** Quaternary International, Amsterdam, v. 114, p. 35-43.
- PESSENDA, L.C.R., LEDRU, M.P., GOUVEIA, S.E.M., ARAVENA, R., RIBEIRO, A.S., BENDASSOLLI, J.A., BOULET, R. 2005. **Holocene paleoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal e carbon isotope records.** The Holocene, Swansea, v.15, n.6, 814-822 p.
- PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; FREITAS, H.A.; RIBEIRO, A.S.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A.; LEDRU, M.P.; SIFEDDINE, A.; SCHEEL-YBERT, R. 2005a. **Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais.** In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, AM.S.; DE OLIVEIRA, P.E. (Ed). **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto: Holos Editora, p. 75-93.
- PREJAWA, H. 1896. **Die Ergebnisse der Bohlweguntersuchungen in Grenzmoor zwischen Oldenburg und Preussen und in Mellinghausen im Kreise Sulingen.** Mitt. Ver. Gesch. Landeskde, Osnabrück, 21:98-178.
- RATTER, J.A. 1991. **The conservation situation of the Brazilian Cerrado vegetation.** *Report for World Wildlife Found (WWF).* Edinburgh, Royal Botanical Garden, 19 p.
- REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S.T. 1998. **Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos.** In: SANO, S.M., ALMEIDA, S.P. ed. *Cerrado: ambiente e flora.* Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 556 p.
- REIMER, P.J., BAILLIE, M.G.L., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J.W., BERTRAND, C., BLACKWELL, P.G., BUCK, C.E., BURR, G., CUTLER, K.B., DAMON, P.E., EDWARDS, R.L., FAIRBANKS, R.G., FRIEDRICH, M., GUILDERTSON, T.P., HUGHEN, K.A., KROMER, B., MACCOMARC, F.G., MANNING, S., BRONK RAMSEY, C., REIMER, R.W., REMMELE, S., SOUTHON, J.R., STUIVER, M., TALAMO, S., TAYLOR, F.W., PLICHT, J.V.D., WEYHENMEYER, C.E. 2004. *Radiocarbon.* 46:1029-1058.
- RICHARDSON, I.B.K. 1978. **Endemic taxa and the taxonomist.** In: STREET, H.E. *Essays in plant taxonomy.* New York Academic Botân. 8 (2):131-142.
- ROUBICK, D.W. & MORENO, J.E. 1991. **Pollen and Spores of Barro Colorado Island.** Missouri Botanical Garden. 268 pp.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1961. **Pollen grains of plants of the "Cerrado" I.**

- An. Acad. Brasil. Cienc. 33 (1): 119-130.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1984. **Reconstrução del ambiente através de los granos de polen.** *Investigación y Ciencia*, 96: 6-17.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1984. **Reconstrução del ambiente através de los granos de polen.** *Investigación y Ciencia*, 96: 6-17.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. & FERRAZ-VICENTINI, 1994. **Fire in Cerrado 32,000 years ago.** *Current research in the Pleistocene*, v.11, 85-87 p.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. 1997. **Late Quaternary Paleoclimate in the savannas of South América.** *Journal of Quaternary Sciences* 12 (5), 371-379 p.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L.; CASSETI, V.; FERRAZ-VICENTINI, K.R.; MARTIN, L.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. 1997. **Late Quaternary vegetational and climatic changes in Cerrado and palm swamp from Central Brazil.** *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeocology*, v. 128, 215-226 p.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. 2007. **Crítérios e Técnicas para o Quaternário.** Ed: *Blücher*, São Paulo, 404 pp.
- SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. 2008. **Cerrado: Ecologia e Flora.** Embrapa Cerrados. Brasília, DF. 2v. p. 1.279.
- SANTOS, J.E., FERESIN, E.G., BALLESTER, M.V.R., & JESUS, T.P. 1995. **Utilização da abordagem sistêmica para o manejo de áreas naturais. Caso de Estudo: Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, São Paulo,** *Ecologia Brasiliensis*, I: 487-582.
- SIQUEIRA, M.R.; DURIGAN, G. 2007. **Modelagem da Distribuição Geográfica de Espécies Lenhosas de Cerrado no Estado de São Paulo.** *Revista Brasileira de Botânica*, vol.30, no.2, SP. Disponível em: www.scielo.br/img/revistas/rbb/v30n2/a08fig01.
- SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. 2005. **Quaternário do Brasil.** Ed: Holos, Ribeirão Preto, cap. I, p. 375.
- SCHEEL, R.; GASPAR, M.D. & YBERT, J.P. 1996. **A anatomia dos carvões pré-históricos.** *Arqueologia encontra respostas em restos de fogueiras e incêndios florestais.* *Revista Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, 21(122):66-69.
- SCHEEL-YBERT, R., GOUVEIA, S.E.M., PESSENDA, L.C.R., ARAVENA, R., COUTINHO, L.M., BOULET, R. 2003. **Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil $\delta^{13}\text{C}$ analysis.** *The Holocene*, 13,1. 73-81 p.

- TOLEDO FILHO, D.V. 1984. **Composição Florística e estrutura fitossociológica da vegetação de Cerrado do Município de Luis Antônio (SP)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Campinas, 173 p.
- TOPPA, R. H. 2004. **Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP**. Tese de Doutorado. PPG-Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Paulo, 149 p.
- VERNET, J.L. 1973. **Étude sur l'histoire de la végétation du sud-est de la France au Quaternaire, d'après les charbons de bois principalement**. Paléobiologie Continentale, Montpellier, 4(1):1-90.
- VIDOTTO, E., PESSENDA, L.C.R., RIBEIRO, A.S., FREITAS, H.A., BENDASSOLLI, J.A. 2007. **Dinâmica do ecotono floresta-campo no Sul do Estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos**. Acta Amazônica, Vol 37 (3), p. 389-404.
- WESTERN, C. 1963. **Wood and charcoal in archaeology**. In: BROTHWELL, D. & HIGGS, E. (Eds.). **Science in Archaeology**. A comprehensive survey of progress and research. Londres: Thames and Hudson, p. 150-162.
- WODEHOUSE, R.P. 1935. **Pollen Grains: their structure, identification and significance in science and medicine**. McGraw-Hill Publ., New York, 573
- ZETZSCHE, F. 1932. **Die Sporopollenine**. Em: G. Klein (ed.) "Handbuch der Pflanzenanalyse, v. II, Springer-Verlag, Viena, p. 205-215.

Anexo I

Descrição dos grãos de pólen e esporos

DESCRIÇÃO GERAL DOS PRINCIPAIS TAXA POLÍNICOS

Angiospermas – Dicotiledôneas

Amaranthaceae

Gonphrena

Grão poliporado, exina espessa, sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 25 – 28 μm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa III.

Annonaceae

Grãos isolados e esferoidais, sexina espessa

Tamanho médio dos grãos: 30 - 150 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa II.

Aquifoliaceae

Ilex

Grão planoaperturado, tricolpado, exina clavada

Tamanho médio dos grãos: 25 μm

Descrição detalhada: Faegri & Iversen (1950)

Estampa II.

Araliaceae

Dydimopanax

Grãos suboblátos com âmbito triangular de lados mais ou menos côncavos

3, 2 ou 4 cólpores, exina espessa

Tamanho médio dos grãos: 24 – 39 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa II.

Aristolochiaceae

Grão mais ou menos esférico, não aperturado, exina espessa

Tamanho médio dos grãos: 27 – 73 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Asteraceae

Grão tricolporado, exina tectada, sexina com espinhos

Tamanho médio dos grãos: 18 μm

Descrição detalhada: Absy (1975);

Estampa III.

Apocynaceae

Âmbito circular, 3 ou mais cólpores, exina espessa e irregular (reticulada)

Tamanho médio dos grãos: 30 – 60 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa II.

Apiaceae

Grãos radiosimétricos, tricolporado

Tamanho médios dos grãos: 20 - 75 μm

Descrição detalhada: Erdtman (1952)

Estampa II.

Bignoniaceae

Grão tricolporado, tectado, sexina com reticulação fina, colpos profundos

Tamanho médio dos grãos: 30 - 40 μm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa II.

Caesalpinioidae

Diptychandra epuncata

Grão tetraédrico, sexina reticulada, isopolares

Tamanho médio dos grãos: 48 – 64 μm

Estampa II.

Caryocaraceae

Caryocar

Âmbito triangular, grãos sincolporados, exina espessa

Tamanho médio dos grãos: 40 – 79 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa II.

Caryophyllaceae

Forma esférica, três a mais cólpores, sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 10 – 80 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa III.

Dileniaceae

Curattela

Tricolporado, sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 24 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa II.

Euphorbiaceae

Euphorbia

Prolato esferoidal, tricolporados, geralmente o colpo é fino e alongado, exina grossa

Tamanho médio dos grãos: 19 - 45 μm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa II.

Flacourtiaceae

Tricolpodado, exina espessa

Tamanho médio dos grãos: 13 - 45 μm

Descrição detalhada: Erdtman (1952)

Estampa II

Lamiaceae

Hyptis

4 a mais cólpores, exina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 22 - 20 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa III.

Lithraceae

Grãos médios, simetria radial, amb. triangular, tricolporado

Tamanho médio dos grãos: 23 - 30 μm

Descrição detalhada: Secco 1982.

Estampa III.

Malphigiaceae

Byrsonima

Simetria radial, exina tectada, tricolporado

Tamanho médio dos grãos: 15 - 13 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa II.

Malvaceae

Tricolporado, simetria radial

Tamanho médio dos grãos: 60 – 64 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa II.

Meliaceae

Andiroba

Tricolporado, sexina psilada, poros alongados

Tamanho médio dos grãos: 25 - 27 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa II.

Mimosaceae

Desmodium

Tricolporado,

Tamanho médio dos grãos: 10 – 20 μm

Estampa II.

Moraceae

Diporado, assimétrico

Tamanho médio dos grãos: 12 - 15 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa III.

Myrtaceae

Grão tricolporado, exina tectada, sexina granular, sincolpado

Tamanho médio dos grãos: 18 – 22 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa III.

Rubiaceae

Pantoporados (6 a 7-colporos), sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 20 – 22 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa III.

Solanaceae

Solanum

Tricolporado, poros alongados, exina psilada

Tamanho médio dos grãos: 30 - 22 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Estampa III.

Xyridaceae

Grãos monoaperturados, esferoidal, exina não muito espessa

Tamanho médio dos grãos: 70 μm

Estampa III.

Angiospermas – Monodicotiledôneas

Arecaceae

Monoporado, exina tectada

Tamanho médio dos grãos: 60 - 68 μm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.* (1930)

Cyperaceae

Grãos monoporado, exina semitectada, sexina granular

Tamanho médio dos grãos: 20 – 25 µm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa III.

Poaceae

Grão monossulcado, exina tectada, sexina psilada a finamente reticulada

Tamanho médio dos grãos: 25 – 40 µm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa III.

Pteridófitas

Cyatheaceae

Alsophila

Esporo trilete finamente reticulado

Tamanho médio: 25 – 30 µm

Estampa I.

Cyathea

Esporo trilete pislado

Tamanho médio: 35 – 50

Estampa I.

Dicksoniaceae

Dicksonia

Esporo trilete simetria radial

Tamanho médio: 40 – 45 µm

Estampa I.

Lycopodiaceae

Lycopodium

Esporo trilete heteropolar

Tamanho médio: 30 – 60 μm

Estampa I.

Polypodiaceae

Polypodium

Esporo monoete verrugado

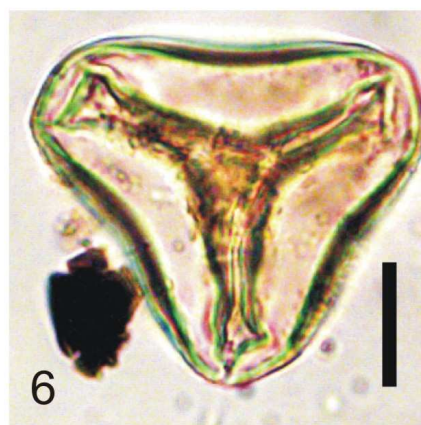
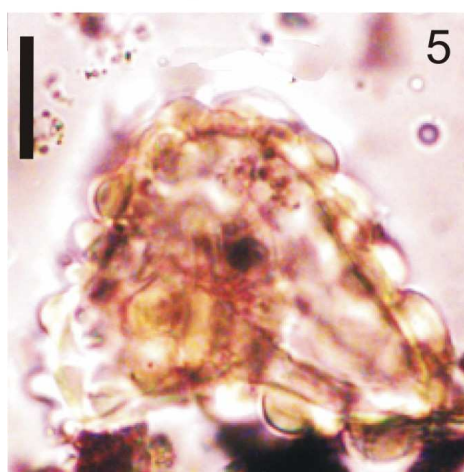
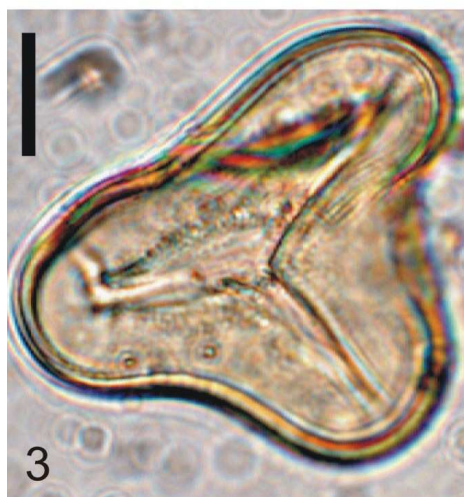
Tamanho médio: 50 – 70 μm

Estampa I.

Legenda Estampa I

1. Cyatheaceae, *Alsophila*. Barra = 10 µm
2. Cyatheaceae, *Alsophila*. Barra = 10 µm
3. Cyatheaceae, *Alsophila*. Barra = 10 µm
4. Polypodiaceae, *Polypodium*. Barra = 10 µm
5. Cyatheaceae, *Cyathea*. Barra = 10 µm
6. Dicksoniaceae, *Dicksonia*. Barra = 10 µm

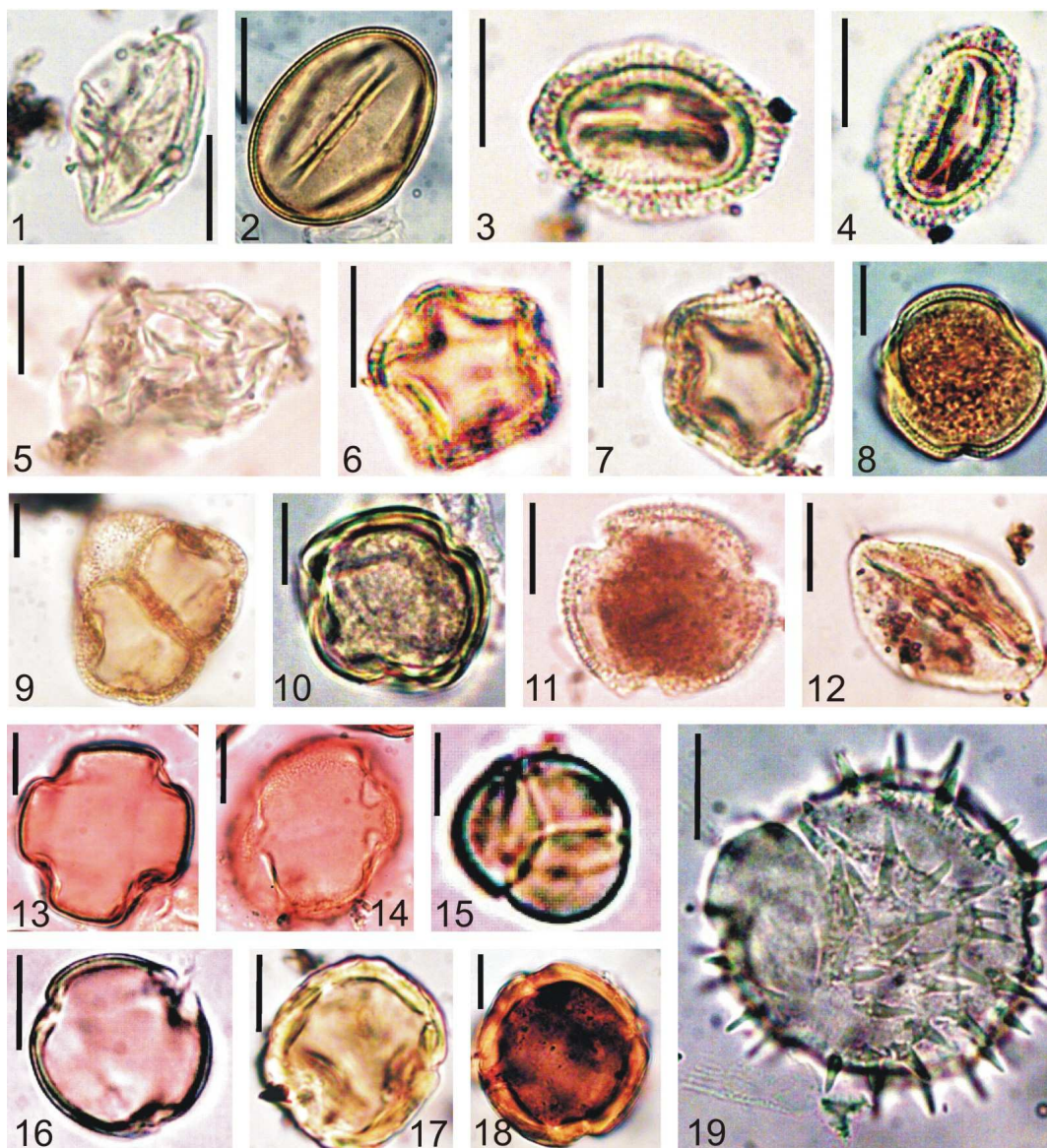
ESTAMPA I
Pteridófitas



Legenda Estampa II

1. Annonaceae. Barra = 10 µm
2. Apiaceae. Barra = 10 µm
3. Aquifoliaceae, *Ilex*. Barra = 10 µm
4. Aquifoliaceae, *Ilex*. Barra = 10 µm
5. Apocynaceae. Barra = 10 µm
6. Araliaceae, *Didymopanax*. Barra = 10 µm
7. Araliaceae, *Didymopanax*. Barra = 10 µm
8. Caryocaraceae. Barra = 10 µm
9. Caesalpinaceae, *Didtychandra epuncata*. Barra = 10 µm
10. Dileniaceae, *Curatella*. Barra = 10 µm
11. Bignoniaceae. Barra = 10 µm
12. Euphorbiaceae. Barra = 10 µm
13. Flacourtiaceae. Barra = 10 µm
14. Malphiguiaceae. Barra = 10 µm
15. Malphiguiaceae. Barra = 10 µm
16. Malvaceae. Barra = 10 µm
17. Meliaceae. Barra = 10 µm
18. Meliaceae. Barra = 10 µm
19. Mimosaceae, *Desmodium*. Barra = 10 µm

ESTAMPA II Angiospermas

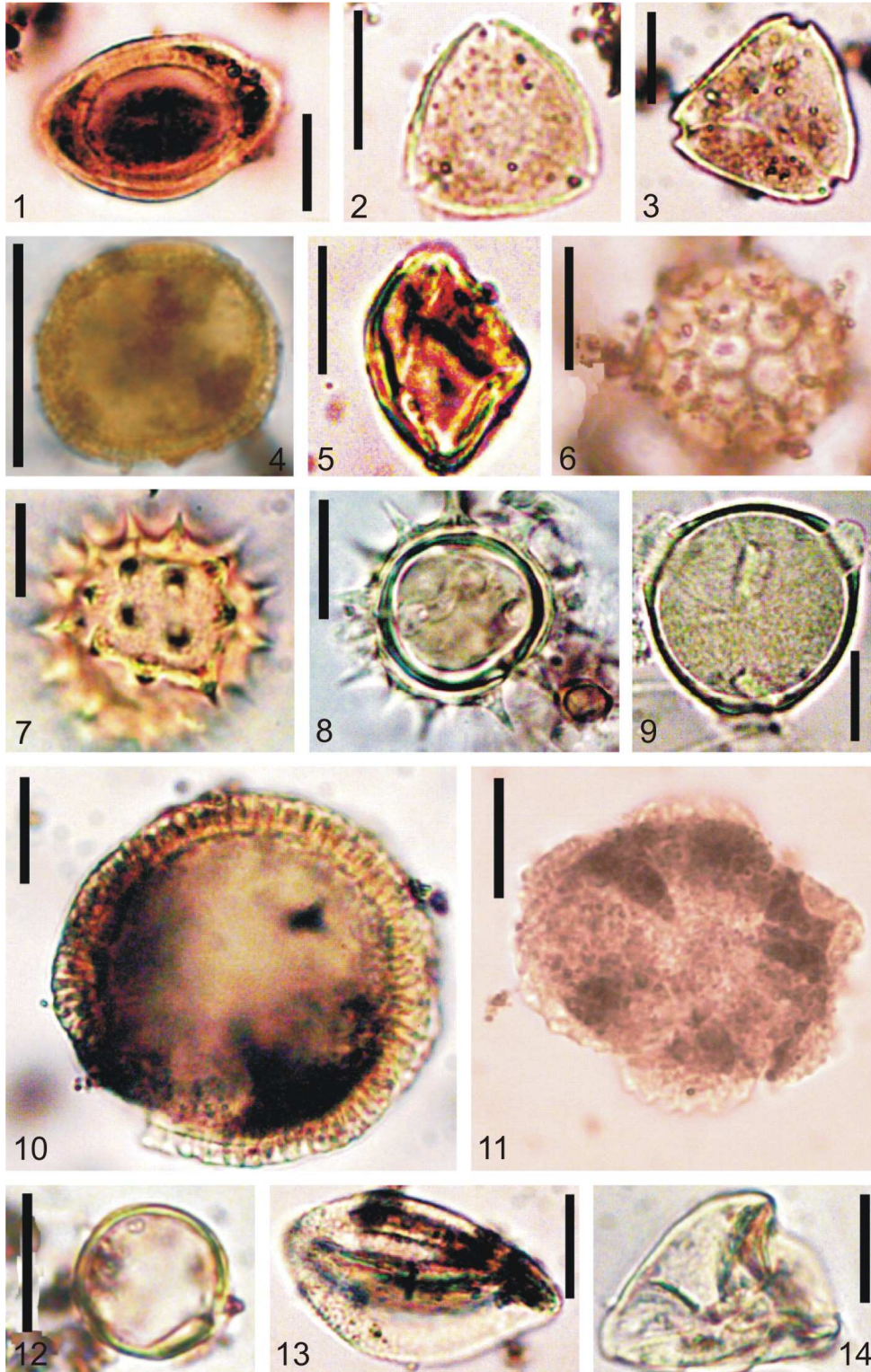


Legenda Estampa III

1. Moraceae. Barra = 10 µm
2. Myrtaceae. Barra = 10 µm
3. Myrtaceae. Barra = 10 µm
4. Rubiaceae. Barra = 20 µm
5. Solanum. Barra = 10 µm
6. Amaranthaceae. Barra = 10 µm
7. Asteraceae. Barra = 10 µm
8. Asteraceae. Barra = 10 µm
9. Caryophilaceae. Barra = 10 µm
10. Lamiaceae, *Hypts*. Barra = 10 µm
11. Lithraceae. Barra = 10 µm
12. Poaceae. Barra = 10 µm
13. Xyridaceae. Barra = 10 µm
14. Cyperaceae. Barra = 10 µm

ESTAMPA III

Angiospermae

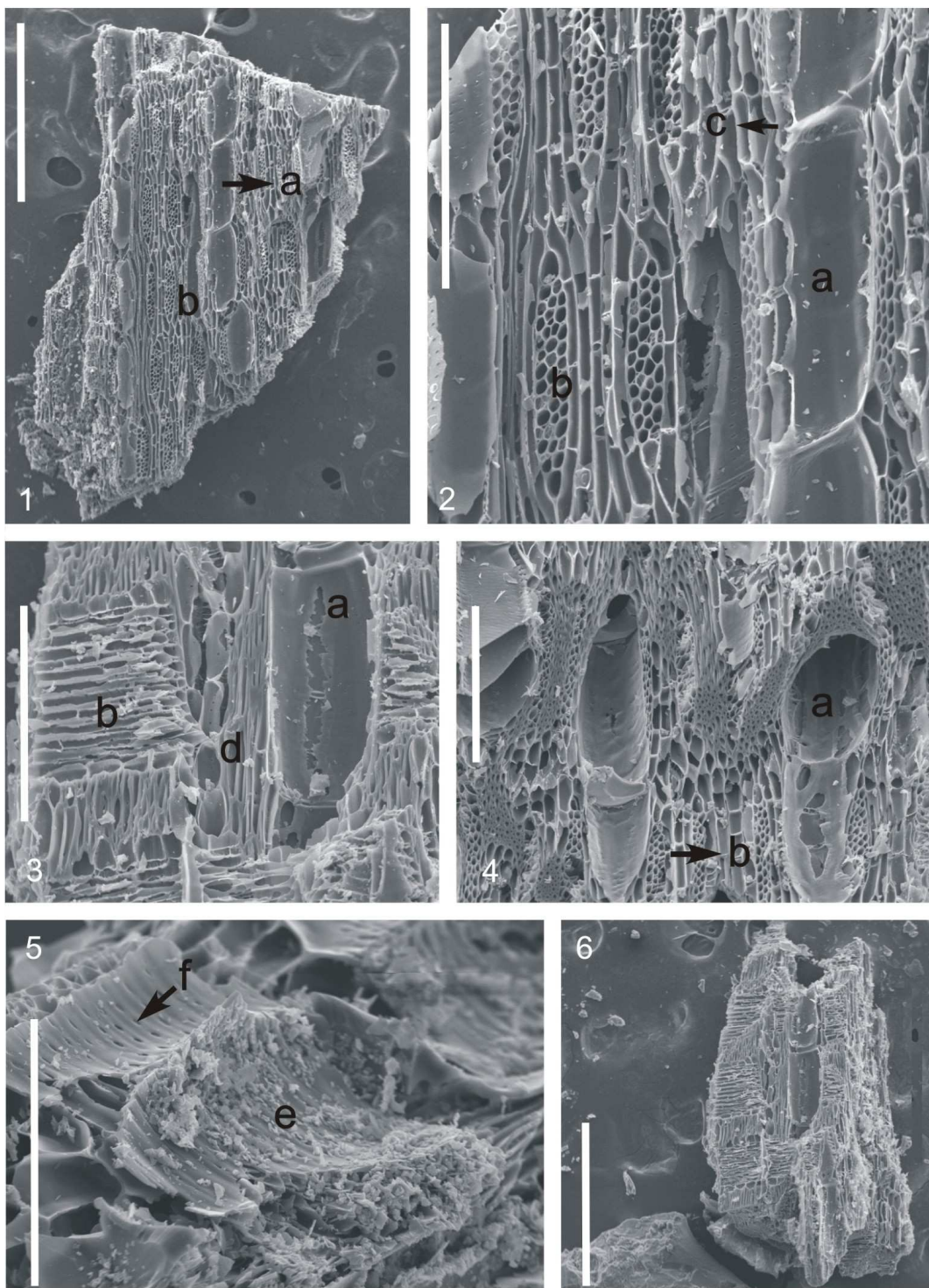


Legenda Estampa IV

1. Longitudinal Tangencial. Barra = 500 μm
2. Longitudinal Tangencial. Barra = 200 μm
3. Radial. Barra = 200 μm
4. Transversal inclinado. Barra = 200 μm
5. Ponteaduras alternas. Barra = 100 μm
6. Transversal. Barra = 500 μm

a) Elementos de vaso, B) Ponteaduras, c) Radio vascular, d) Parênquima xilematico, e) Ponteaduras alternas, f) Paredes de vasos.

ESTAMPA IV
Fragmentos de carvão



Anexo II

Dados de contagem

TABELA 6: Qualificação e quantificação dos tipos polínicos da trincheira estudada.

| Prof. (cm) | Annonaceae | Apiaceae | Apocynaceae | Araliaceae | Bignoniaceae | <i>Byrsonima</i> | <i>Caryocaceae</i> | Caesalpinaceae |
|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------------|
| 00 | | 3 | | 6 | | | 1 | 9 |
| 02 | | | 4 | 45 | | | | |
| 10 | 3 | | 3 | 14 | | 3 | | |
| 24 | | | 10 | 27 | 3 | | | |
| 28 | | | | | | | | |
| 36 | | | | 8 | 2 | | | |
| 40 | | | | | | | | |
| 44 | 1 | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | |
| 64 | | | | | | | | |
| 70 | | | | 22 | | | | |
| 74 | | | | | | | | |
| 78 | | | 17 | 15 | | 1 | | |
| 84 | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | |
| 94 | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | |
| 104 | | | | | | | | |
| 108 | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | |
| 124 | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | |
| 134 | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | |
| 144 | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | |
| 154 | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | |
| 164 | | | | | | | | |
| 170 | | | | 11 | | | | |
| Total | 4 | 3 | 34 | 148 | 5 | 4 | 1 | 9 |

TABELA 6: Qualificação e quantificação dos tipos polínicos da trincheira estudada.

Continuação

| Dileniaceae | Euphorbiaceae | <i>Ilex</i> | Flacortiaceae | Malpigiaceae | Malvaceae | Melastomataceae | Meliaceae | Mimosaceae |
|-------------|---------------|-------------|---------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|------------|
| 3 | 4 | | 7 | 2 | 1 | 4 | 5 | 2 |
| | 19 | | | 13 | | | | |
| | 10 | 2 | | 1 | | | | |
| | 26 | 1 | | 14 | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 5 | | | 5 | | | | |
| | 1 | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | |
| | 5 | 1 | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 31 | | | 4 | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 22 | | | 9 | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 2 | | | 2 | | | | |
| 3 | 129 | 4 | 7 | 50 | 1 | 4 | 5 | 2 |

TABELA 6: Qualificação e quantificação dos tipos polínicos da trincheira estudada.

Continuação

| Moraceae | Myrtaceae | Rubiaceae | Solanaceae | Total AP | Amaranthaceae | Arecaceae | Asteraceae | Aristolochiaceae |
|----------|-----------|-----------|------------|----------|---------------|-----------|------------|------------------|
| | | | | 47 | | 1 | 33 | |
| | 5 | 5 | | 91 | 16 | | 22 | |
| | 7 | | 3 | 46 | 1 | | 7 | 1 |
| | 6 | | | 87 | 9 | | 16 | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 20 | | | 8 | |
| | | | | 1 | | | | |
| | | 3 | | 7 | | | | |
| | | | | 1 | | | | |
| 2 | 1 | | | 9 | | | 13 | |
| | | | | 0 | | | | |
| | 11 | 7 | | 75 | | | 6 | |
| | | | | 0 | | | | |
| | 8 | | | 72 | | | 47 | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | 1 | | 1 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| | | | | 0 | | | | |
| 2 | 2 | | | 19 | | | | |
| 4 | 40 | 16 | 3 | 476 | 26 | 1 | 152 | 1 |

TABELA 6: Qualificação e quantificação dos tipos polínicos da trincheira estudada.

Continuação

| Caryophyllaceae | Cyperaceae | Lamiaceae <i>Hyptis</i> | Lithraceae | Poaceae | Xyridaceae | Total NAP | <i>Alsophila</i> Cyatheaceae | <i>Cyathea</i> Cyatheaceae |
|-----------------|------------|----------------------------|------------|---------|------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|
| | 12 | | 10 | 2 | | 58 | | |
| | 73 | 1 | | 36 | | 148 | 6 | 3 |
| | 28 | | | 12 | 1 | 56 | | 3 |
| | 64 | | | 26 | | 115 | 3 | |
| | | | | | | 0 | | |
| | 19 | | | 2 | | 29 | | |
| | 3 | | | | | 3 | | |
| 1 | 9 | | | 1 | | 11 | | |
| | 4 | | | | | 4 | | |
| | 36 | 3 | | 3 | | 55 | | |
| | | | | | | 0 | | 1 |
| | 75 | | | 37 | | 118 | 17 | |
| | | | | | | 0 | | 6 |
| | 56 | | | 14 | | 117 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | 1 |
| | | | | 1 | | 1 | | |
| | 2 | | | 1 | | 3 | | |
| | 5 | | | 2 | | 7 | | |
| | 8 | | | 3 | | 11 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | 6 | | | 5 | | 11 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | | | | | | 0 | | |
| | 13 | 2 | | | | 15 | 11 | |
| 1 | 413 | 6 | 10 | 145 | 1 | 762 | 37 | 14 |

TABELA 6: Qualificação e quantificação dos tipos polínicos da trincheira estudada

Continuação

| <i>Lycopodium</i> Lycopodiaceae | <i>Polypodium</i> Polypodiaceae | Total Esporos | Total Indet. | AP+NAP+Indet+Esporos |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------|----------------------|
| | | | 6 | 111 |
| | 4 | 13 | 5 | 257 |
| 3 | 5 | 11 | 8 | 121 |
| | 11 | 14 | 4 | 220 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 1 | 3 | 53 |
| | | 0 | 0 | 4 |
| | | 0 | 0 | 18 |
| | | 0 | 0 | 5 |
| | 1 | 1 | 3 | 68 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | 16 | 34 | 6 | 233 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 16 | 1 | 206 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 1 | 0 | 2 |
| | | 3 | 0 | 3 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 12 | 0 | 46 |
| 3 | 48 | 106 | 36 | 1317 |

TABELA 7: Lista vegetação: palinoteca da EEJ

| Amostra | Família | Gênero | Hábito |
|----------------|-----------------|---|---------------|
| Lam 1 | Amaranthaceae | <i>Alternanthera brasiliana</i> | Herbáceo |
| Lam 2 | Anarcadiaceae | <i>Tapirira guianensis Aubl.</i> | Arbóreo |
| Lam 3 | Annonaceae | <i>Xylopia aromatica (Lam.) Mart.</i> | Arbóreo |
| Lam 4 | Apocynaceae | <i>Hancornia speciosa (Gomez.)</i> | Arbóreo |
| Lam 5 | Araliaceae | <i>Didymopanax vinosum Mart.</i> | Arbóreo |
| Lam 6 | Arecaceae | <i>Mauritia flexuosa</i> | Arbóreo |
| Lam 7 | Asteraceae | <i>Mikania cordifolia (L. f.) Willd</i> | Herbáceo |
| Lam 8 | Bignoniaceae | <i>Jacaranda caroba DC.</i> | Herbáceo |
| Lam 9 | Caesalpiniaceae | <i>Diptychandra aurantiaca Tul.</i> | Herbáceo |
| Lam 10 | Cariocaraceae | <i>Caryocar brasiliensis Camb.</i> | Arbóreo |
| Lam 11 | Clusiaceae | <i>Kyelmeyera coriacea Mart.</i> | Arbóreo |
| Lam 12 | Dilleniaceae | <i>Curatella americana L.</i> | Arbóreo |
| Lam 13 | Dioscoriaceae | <i>Dioscorea sp</i> | Herbáceo |
| Lam 14 | Euphorbiaceae | <i>Mabea cf fistulifera Mart.</i> | Arbóreo |
| Lam 15 | Fabaceae | <i>Dalbergia miscolobium Benth.</i> <i>Machaerium acutifolium Vog.</i> | Arbóreo |
| Lam 16 | Flaucortiaceae | <i>Casearia arborea Urb.</i> | Arbóreo |
| Lam 17 | Lamiaceae | <i>Lacistema robustum Schnizl</i> | Arbóreo |
| Lam 18 | Malpighiaceae | <i>Byrsonima crassifolia</i> | Arbóreo |
| Lam 19 | Melastomataceae | <i>Miconia albicans (Sw.) Triana.</i> | Herbáceo |
| Lam 20 | Mimosaceae | <i>Anadenanthera falcata Speg.</i> | Arbóreo |
| Lam 21 | Moraceae | <i>Ficus sp.</i> | Arbóreo |

TABELA 7: Lista vegetação: palinoteca da EEJ – Continuação....

| Amostra | Família | Gênero | Hábito |
|----------------|----------------|--|---------------|
| Lam 22 | Myristicaceae | <i>Virola sebifera Aubl.</i> | Arbóreo |
| Lam 23 | Myrtaceae | <i>Myrcia rufipes DC.</i> | Herbáceo |
| Lam 24 | Ochnaceae | <i>Ouratea castaneifolia Engl.</i> | Arbóreo |
| Lam 25 | Proteaceae | <i>Roupala montana Aubl.</i> | Arbóreo |
| Lam 26 | Rubiaceae | <i>Alibertia macrophylla K. Schum.</i> | Arbóreo |
| Lam 27 | Sapotaceae | <i>Pouteria torta (Mart.) Radlk.</i> | Arbóreo |
| Lam 28 | Vochysiaceae | <i>Qualéa grandiflora Mart</i> | Arbóreo |